HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
Ders Teksirleri No: 1

TEMEL FİZİK DENEYLERİ LABORATUVAR KILAVUZU

Doç. Dr. Rıza Sungur
Hacettepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Fizik Mühendisliği Bölümü

T.R. AD
WOP AD:
[illegible] AD:

TEMEL FIZIK DENEYLERI
LABORATUVAR KLAVUZU

Hazırlayan

DOÇ.DR. RIZA SUNGUR

Hacettepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Fizik Mühendisliği Bölümü

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ		1
1	ÖLÇME	7
2	KUVVET	15
3	İVME I	24
3A	İVME II	33
4	MERKEZCİL KUVVET	41
5	BİR SARMA YAYDA POTANSİYEL ENERJİNİN BASİT TİTREŞİM HAREKETİN İNCELENMESİ	53
6	İKİ BOYUTLU UZAYDA ÇARPIŞMA	64
7	KIRMA İNDİSİ	73
8	DURAN DALGALAR	81
9	YÜZEY GERİLİMİ	91
10	MERCEKLER (Bkz. Deney 28)	103
11	GİRİŞİM VE KIRINIM	112
12	ELEKTROLİZ	122
13	ELEKTROKİMYASAL PİLLER	128
14	OHM YASASI	139
15	KIRCHOFF YASALARI	146
16	WHEATSTONE KÖPRÜSÜ YÖNTEMİYLE DİRENÇ ÖLÇÜMÜ	156
17	AKIM VE GERİLİM ÖLÇME DÜZENEKLERİ	164
18	OSİLOSKOP	180
19	MAGNETİK ALAN	189
20	ALTERNATİF AKIM DEVRELERİNİN ÖZELLİKLERİ	199
21	ÇEKİRDEK IŞIMASININ ÖLÇÜLMESİ	207

22 DALGA BİÇİMİ ÖLÇÜMLERİ 215
23 TERMOELEKTRİK ÇİFT 227
24 TEK BOYUTTA ESNEK VE ESNEK OLMAYAN ÇARPIŞMALAR 237
25 YİTİRİCİ KUVVETLER 251
26 PERİYODLU HAREKET 263
27 ZORLA TİTREŞİMLER 277
28 AKUSTİK DÖNÜŞTÜRGENLER (TRANSDUCERS) 289
EK BİLGİ 301
(DENEY 10 İLE İLGİLİ)

Marie Curie 1934

GİRİŞ

Fizik laboratuvarının ilk amacı, sizlere derslerde incelenen fiziksel olaylarla ilgili doğrudan deneyimler kazandırmaktır. Buna ek olarak, bir fizik laboratuvarı, herhangi bir laboratuvar çalışmasında çok önemli ve değerli olan ölçme ve çözümleme yöntemlerini de öğretir. Bu laboratuvar, doğru bir laboratuvar çalışmasını gerçekleştirme ve bilimsel yazında yayınlanmış olan çalışmaların güvenirliğini sınama yeteneğinizi geliştirecektir.

Laboratuvara gelmeden önce yapacağınız deneyi okuyunuz. Deneysel işlemleri ayrıntılı olarak anlamanız gerekmez, fakat deneyin içerdiği fiziksel kurallar ve izlenecek deneysel yaklaşım hakkında genel bir bilginiz olmalıdır. Deneyle ilgili konuları derste henüz incelemediniz se her deney için verilmiş olan kaynakları okuyunuz.

Laboratuvar süresi içinde hem deneyi hem de deneyin raporunu tamamlamaya çalışınız. Eğer zamanın kısıtlı olması nedeniyle bunu yapamazsanız, laboratuvardan ayrılmadan önce en azından gerekli çözümlemeyi anlamalısınız. Aşağıdaki bilgiler deney raporunuzu hazırlamakta size yardımcı olacaktır.

VERİLERİN YAZILMASI

Her ölçünün sonucunu deneye ait rapor kağıdına doğrudan geçiriniz. Laboratuvar yöneticisi verilerinizi bir deftere yazmanızı isteyebilir. Bu durumda, rapor kağıdını, defteri düzenlemekte bir örnek olarak kullanınız. Rapor kağıdı (veya defteri), yaptığınız deneyin birincil yazımıdır. Bu nedenle veriler, rapor kağıdına bir karalama kağıdından aktarılmamalıdır. Yapacağınız herhangi bir yanlışı silmeyiniz ya da karalamayınız. Yanlışı düzelteceğiniz zaman üzerine ince bir çizgi çizip üst tarafına doğrusunu yazınız. Sizden istenen gösterişli bir rapor yerine yanlışlarla birlikte bütün deney yazımlarınızı içeren bir rapor hazırlamanızdır.

ÇÖZÜMLEME

Verileri yazdıktan sonra hesapları yapınız ve deney kılavuzunda gös-

terildiği gibi grafikleri çiziniz. Olanak varsa aritmatik işlemleri hesap cetveli veya elektronik hesaplayıcı ile yapınız. Elle yapılacak uzun hesaplar bir karalama kağıdında yapılmalı, sadece sonuçlar rapor kağıdına geçirilmelidir.

EK BİLGİLER

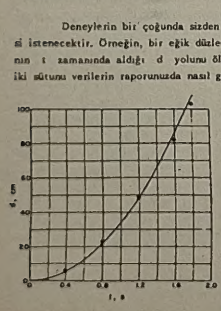
Bazı deneylerde, o deneyle doğrudan ilişkisi olmayan kavramlar ya da ölçülmeyen nicelikler hakkında ek bilgiler verilmiştir. Bundan amaç, deneyde kullandığınız kavramlar ya da ölçtüğünüz niceliklerle çok yakından ilgili olan kavramları ve nicelikleri bilmenizi sağlamak ve deneydeki asıl kavramı ve nicelikleri daha iyi anlamanıza yardımcı olmaktır.

SORULAR

Deneyle ilgili sorular ayrı bir kağıtta yanıtlanmalı ve bu kağıt tamamlanmış raporunuzla birlikte deney yöneticisine verilmelidir.

GRAFİKLER

Deneylerin bir çoğunda sizden bir yada daha fazla grafiğin çizilmesi istenecektir. Örneğin, bir eğik düzlemde, aşağı doğru ivmelenen bir arabanın t zamanında aldığı d yolunu ölçtüğünüzü varsayınız. Çizelge 1'in ilk iki sütunu verilerin raporunuzda nasıl görülebileceğini gösteriyor.



Şekil 1- İvmelenen bir araba için, d uzaklığını t zamanına bağlayan grafik.

Yolu zamana bağlayan bir grafik aşağıdaki gibi hazırlanır :

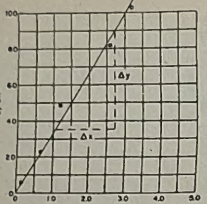
1. Yatay ve düşey eksenlere hem gösterdikleri niceliği, hem de bu niceliğin ölçüldüğü birimi yazınız. Örneğin, kütlenin aldığı yol santimetre olarak ölçülmüş ise, Şekil 1'de görüldüğü gibi, düşey eksen üzerine "d, cm" yazılmalıdır. Aynı biçimde, zaman saniye olarak ölçülmüş ise, yatay eksen üzerine "t, s" yazılmalıdır. Eksenlerin doğru olarak işaretlenmemesi öğrencilerin yaptığı en genel yanlışlardan biridir.

2. Her eksen için uygun bir ölçek seçiniz. Grafiğin bir bölmesi, 1, 2 ya da 5 sayılarının bir ondalık katını göstermelidir. Örneğin bir bölme 0,1 2; 20;0,05;500 gibi sayılar seçilebilir. 0,3 gibi herhangi bir başka seçenek verilerin grafiğe geçirilmesini güçleştirir. Bundan başka, seçtiğiniz ölçek, grafikte gözükmesi gereken bütün verilerin işaretlenmesine olabildiğince olanak vermelidir. Örneğin, Şekil 1'deki grafikte yatay eksen 10 bölmeye ayrılmış olduğundan ve t, 0'dan 1,8 s'ye kadar gittiğinden her bölmenin 0,2 s olması gerekir. Bu nedenle, yatay eksen 0'dan 2s'ye kadar ölçeklenmiştir. Bu grafiğin düşey ekseni de 10 bölmeye ayrılmıştır. Fakat d, 0'dan 103,2 cm'ye gittiğinden, her bölme ya 10 ya da 20 cm olarak alınabilir. İlk seçenek, Şekil 1'de görüldüğü gibi, son noktanın grafiğin dışına taşmasına neden olur. İkinci seçenek ise, düşey ölçeğin, yalnızca yarısının kullanılmasını gerektirir. Bu örnekte ilk seçenek uygun bulunmuştur. Fakat son nokta 125 cm de olsaydı, ikinci seçeneğin kullanılması daha iyi olabilirdi.

ÇİZELGE 1- Bir eğik düzlemde aşağı doğru ivmelenen bir araba için örnek veriler.

uzaklık (cm)	zaman (s)	t^2 (s^2)
0	0	0
6.0	0.4	0.16
~~22.8~~ ~~28.1~~	0.8	0.64
~~48.6~~	1.2	1.4
82.0	1.6	~~2.5~~ 2.6
103.2	1.8	3.2

3. Ölçeği seçtikten ve eksenler üzerine gösterdikleri niceliklerle birimlerini yazdıktan sonra, her noktayı grafiğe dikkatle işaretleyiniz. Veri noktalarını, kağıt üzerinde bir raslantı sonucu bulunabilecek noktalardan a-



ŞEKİL 2- İvmelenen bir araba için, d uzaklığını t^2 zamanın karesine bağlayan grafik.

yırabilmek için ufak birer daire içine alınız. Aynı grafik üzerine birden fazla veri dizisi işaretleyeceksiniz, veri dizilerini birbirinden ayırmak için, Δ ,O, X gibi değişik gösterimler kullanınız.

4. Noktalardan basit, düzgün bir eğri geçiriniz. Böyle bir eğri bütün noktalardan geçmeyecektir. Fakat bu eğri yaklaşık olarak noktaların yarısını bir yanında, yarısını da diğer yanında bırakacak ve her noktaya olabildiğince yakın geçecek biçimde olmalıdır. Eğrileri çizmek için özel araçlar kullanabilirsiniz. Noktaları doğru çizgilerle birleştirmeyiniz.

DOĞRUSAL GRAFİKLERİN ÇİZİMİ

Bir deneysel eğrinin, bir matematiksel bağıntıya uyup uymadığını kestirmek zordur. Bu nedenle birçok deneyde değişkenler, bir doğrusal grafik elde etmek üzere yeniden yazılır. Örneğin, bir eğik düzlemde aşağı doğru ivmelenen arabanın aldığı yol ile ilgili bağıntı,

$$d = \frac{1}{2}\, g(\sin\theta)t^2 \qquad (1)$$

dir. Burada g yer çekimi ivmesi, θ'da düzlemin eğim açısıdır. d'nin t'ye bağlı grafiği bir paraboldür. Fakat Şekil 1'deki eğrinin (1) bağıntısıyla uyumlu olup olmadığını gözle kestirmek zordur. (1) bağıntısını sınamak için, Çizelge 1'deki verilerden t^2 hesaplanır ve d'leri t^2'lere bağlayan noktalar işaretlenir (Şekil 2). Burada yatay eksenin nasıl işaretlendiğine dikkat ediniz. Bir cetvelle, grafiğin başlangıç noktasından ve bütün noktaların olabildiğince yakınından geçen bir doğru çizgi çizilir. Verilerin hangi ölçüde (1) denkle-

miyle uyumlu olduğunu noktaların doğruya yakınlığı belirler.

Bir doğrunun genel denklemi,

$$y = mx + n \qquad (2)$$

dir. Burada n, x=0 iken y'nin değeri (doğrunun y ekseni ile kesim noktası), m'de eğimdir. Eğim, doğrusal grafikte Δy düşey değişimin Δx yatay değişimine oranıdır. Yani $\Delta y / \Delta x$'dir. Şekil 2'den eğim,

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{56\ cm}{1.7\ s^2} = 33\ cm/s^2$$

bulunur. (1) ve (2) denklemlerinden eğimin,

$$m = \frac{1}{2}\, g(\sin\theta)$$

olduğu görülüyor. θ'nın 4° olarak bilindiği düşünülürse, g'nin bu ölçülerden bulunan deneysel değeri,

$$g = \frac{m}{1/2 \sin\theta} = \frac{33\ cm/s^2}{0.5 \times 0.070} = 943\ cm/s^2$$

olur. Bu değer, g'nin bilinen 980 cm/s^2 değeri ile karşılaştırılmalıdır.

YANILGI (HATA)

g için yukarıda elde edilen deneysel değer, g'nin değeri ile uyumlu mudur? Bu soruya tam bir yanıt verebilmek için, ölçülerde olabilecek tüm yanılgı kaynaklarının tam bir çözümlemesini yapmak gerekir. Böyle bir çözümleme, bu laboratuvar çalışmalarının amacı dışındadır. Bununla birlikte, bir ölçmedeki yanılgıların beklenen uyum derecesini nasıl etkilediğini genel olarak bilmelisiniz.

Bir δ ölçmesinin, B_δ bağıl yanılgısı,

$$B_\delta = \frac{|\delta_{de} - \delta_{ku}|}{\delta_{ku}}$$

oranı ile verilir. Burada $|\delta_{de} - \delta_{ku}|$, δ'nün deneysel ve kuramsal değerleri arasındaki farkın mutlak değeridir. B_δ genellikle yüzde (%) olarak verilir. Yukarıdaki örnekte, g'nin ölçmesindeki bağıl yanılgı,

$$\beta_g = \frac{|g_{da} - g_{ka}|}{g_{ka}} = \frac{|943 - 980|}{980} = \frac{37}{980} = 0.038 = \% 3.8$$

dir. Bu yanılgı, kuramla deney arasındaki bir uyumsuzluğu göstermektedir. Ancak bunun, deneydeki bilinen belirsizliklerden beklenen yanılgılara bağlı olduğu unutulmamalıdır.

Çizelge 1'de, t'lerin ancak ondabir saniye basamağına kadar ölçülmüş olduğu görülüyor. Bu nedenle, t'lerdeki belirsizlik 0.05 s'dir. Böylece 1.8 s'lik t ölçümündeki bağıl belirsizlik,

$$\beta_t = \frac{0.05\ s}{1.8\ s} = 0.028 = \% 2.8$$

olur. $t^2 = (1.8\ s)^2 = 3.24\ s^2$'deki belirsizlik daha da büyüktür. Çünkü, t'nin gerçek değerinin 1.75 s olması olasılığı vardır. Bu durumda t^2'nin gerçek değeri de $(1.75\ s)^2 = 3.06\ s^2$ olabilir. O halde t^2'deki bağıl belirsizlik,

$$\beta_{t^2} = \frac{|3.06 - 3.24|}{3.24} = 0.056 = \% 5.6$$

dır. g değerinde beklenen bağıl yanılgı, g'nin belirlenmesi için yapılan bütün ölçümlerdeki bağıl belirsizliklere bağlıdır. Bunun ayrıntıları bu laboratuvar çalışmalarının amacı dışında olmakla birlikte, t^2 % 5.6'dan daha iyi doğrulukla bilinemiyorsa, g'deki yanılgıyı % 3.8 olarak elde etmenin anlaşılamayacak bir yanı olmadığı açıktır. Bu durumda, ölçülerdeki bilinen belirsizlikler sınırı içinde, ölçümün kuramla uyumlu olduğunu söyleyebiliriz. Bu düşünceler herhangi bir ölçmedeki yanılgılar için de geçerlidir.

Bu deney kılavuzundaki deneylerin çoğunda beklenen bağıl yanılgı % 3 ile % 10 arasındadır. Bu deneylerin temel amacı, büyük doğrulukta sonuçlar elde etmeninden çok, fiziksel olaylarla ilgili doğrudan deneyimler kazanmanızı sağlamaktır.

TFD-I ÖLÇME

AMAÇLAR

1. Uzunluk, kütle ve hacim metrik birimlerini öğrenmek.
2. Cetvel, verniyeli kompas, mikrometre ve terazi kullanarak uzunluk ve kütle ölçmeyi öğrenmek.

ARAÇLAR

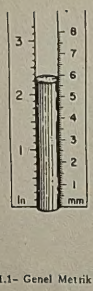
4 metal silindir
Cetvel
Verniyeli kompas
Mikrometre
100 ml'lik ölçekli kap
Terazi (mg duyarlı)

GİRİŞ

Fizikte deneyler genellikle bir fiziksel niceliğin ölçümünü içeriler. Bu ölçümlerin sonuçları olan sayılar da fiziksel verileri oluştururlar (bu, verilerin sayılar yerine çoğunlukla çizimlerinden ve açıklamalardan oluştuğu Biyoloji gibi daha çok nitel bilimlere göre önemli bir ayrıcalıktır). Bundan başka, hemen tüm ölçümler sonuçta, bölmelenmiş bir ölçek üzerinde bir başvuru (referans) işaretinin yerini seçmeyi içerir.

Cetvel belki de en bilinen bir ölçek örneğidir. Bilimsel çalışmalarda uzunluk metrik cetvelle ölçülür. Bu cetvel santimetre (cm) ve onun onda biri, milimetre (mm) olarak bölmelendirilmiştir.

Şekil 1.1.'deki silindirin uzunluğu metrik cetvelde 5 cm artı 7 mm artı 0.9 mm olarak saptanır ve 1 mm = 0.1 cm olduğundan 5.79 cm olarak yazılır. 5.79 sayısının son basamağı, silindirin ucunun, cetvelin 5.7 ile 5.8 cm çizgilerine uzaklığı gözönüne alınarak saptanır. Son basamak, ilk iki basamak kadar kesin olmasa da, anlamlıdır ve yazılmalıdır. Bununla birlikte ölçü sonucunu 5.790 cm yazmak yanlıştır. Çünkü bu durumda son basamak olan 0 anlamlı değildir. Çizelge 1.1, uzunluk, hacim ve kütlenin en çok kullanılan metrik birimlerini ve çevirme bağıntılarını vermektedir. Bu birimler fizik öğrenimiriz süresince kullanılacaktır. Bu nedenle onları çok iyi bilmeniz gerekir.



Şekil 1.1- Bir silindirin uzunluğunun metrik cetvelle ölçülmesi.

Çizelge 1.1- Genel Metrik Birimler

Fiziksel Büyüklük	Ölçü Birimleri	Kısaltılmış Gösterim	Çevirme Bağıntıları
Uzunluk	metre	m	1 m=100 cm=1000 mm
	santimetre	cm	1 cm=0.01 m=10 mm
	milimetre	mm	1 mm=0.1 cm=0.001 m
Hacim	litre	l	1 l=1000 ml
	mililitre	ml	1 ml=0.001 l
	santimetreküp	cm^3	1 cm^3=1 ml
Kütle	kilogram	kg	1 kg=1000 g
	gram	g	1 g=0.001 kg

YAPILACAK İŞLER

Size, A, B, C, D olarak işaretlenmiş değişik büyüklükte dört metal silindir verilecektir. Silindirlerin hepsi de aynı metalden, örneğin alüminyum, pirinç veya çelikten yapılmıştır.

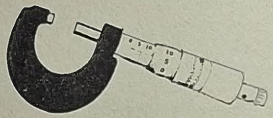
Her silindirin l boyunu ve d çapını cetvelle ölçün. Her ölçme milimetrenin kesirleri gözönüne alınarak 0.02 cm kesinlikle yapılabilir. Ölçü sonuçlarınızı doğru sayıdaki anlamlı basamakla yazdığınızdan emin olmalısınız. Silindirlerin boyları için vermiyeli kompas, çapları için de mikrometre kullanarak yukarıdaki ölçmeleri tekrarlayın.

Vermiyeli kompas (Şekil 1.2), bir cismin iki ucunu bir cetvelin bölmeleri üzerine tam olarak çakıştırmaya yarayan bir araçtır. Bu araçta, cetvel bölmelerinin kesirlerini belirtmeye yarayan bir vermiyeli ölçek de vardır. Ölçülen uzunluk, ilk vermiye çizgisinin (0) asıl ölçekteki yeri ile belirlenir. Şekil 1.3'deki örnekte vermiyenin ilk çizgisi 3.2 cm'den fazla bir uzunluğu göstermektedir. 3.2 cm ile 3.3 cm arasındaki kesirsel uzunluğu bulmak için, vermiyenin hangi çizgisinin, asıl ölçeğin çizgilerinden biri ile çakışmış olduğu saptanır. Vermiyenin bu çizgisi ile ilk çizgisi (0) arasındaki vermiye bölmelerinin sayısı gözönüne alınarak, aranılan kesirsel uzunluk bulunur. Örneğin Şekil 1.3'te, dördüncü vermiye çizgisi, asıl ölçeğin çizgilerinden biri ile çakışmıştır. Vermiyenin 0 çizgisi ile dördüncü çizgisi arasında üç vermiye bölmesi vardır. Her vermiye bölmesinin uzunluğu, asıl ölçeğin en küçük bölmesinin uzunluğunun (1 mm) 9/10'u kadarıdır. Başka bir deyişle, bir vermiye bölmesi, asıl ölçeğin en küçük bölmesinden 0.1 mm daha kısadır. yeniden örneğimize dönersek, asıl ölçeğin 3.2 cm çizgisi ile, vermiyenin 0 çizgisi arasındaki farkın,

3 vermiye bölmesi x 0.1 mm = 0.3 mm

olduğunu görürüz. O halde örnekteki kompastan okunacak değer tam olarak 3.23 cm'dir.

Mikrometre (Şekil 1.4), küçük uzunlukları 0.001 cm'den daha iyi doğrulukla ölçülebilen bir araçtır. Mikrometre ile ölçme yapmadan önce, mikrometrenin çeneleri arasında birşey yokken, çeneleri kaparatak sıfır, ayarını kontrol etmelisiniz (mikrometreyi çok sıkı kapatırsanız bozabilirsiniz. Bunun için, mili, her zaman en uçtaki küçük tırtıllı sapını kullanarak çeviriniz). Mikrometrenin gövdesi üzerindeki başvuru (referans) çizgisi, dairesel ölçek üzerindeki sıfır çizgisi ile çakışmıyorsa ayarlı değildir. Bu durumda bütün ölçülerinizi aşağıdaki biçimde düzeltmeniz gerekir. Mikrometre kapalıyken sıfır çizgisi, başvuru (referans) çizgisinin ötesine geçiyorsa, sıfır çizgisinin başvuru çizgisini kaç bölme geçtiği saptanır ve bu bölme sayısı ölçme sonuçlarına eklenir. Sıfır çizgisi, vaşvuru çizgisinin ölçme sonuçlarına eklenir. Sıfır çizgisi, başvuru çizgisinin önünde kalıyorsa, yine kaç bölme önde kaldığı saptanır ve bu bölme sayısı ölçme sonuçlarından çıkarılır.



Şekil 1.4- Mikrometre

Bir silindirin çapını ölçmek için, mikrometrenin çeneleri, küçük tırtıllı sap kaymaya başlayıncaya kadar, silindirin üzerine yaklaştırılır. Mikrometrenin mili (gövdesi) üzerindeki çizgisel ölçek milimetre (0.1 cm) olarak bölmelendirilmiştir. Milimetrenin kesirleri dairesel ölçekten okunur. Mikrometre milinin 0.1 cm ilerlemesi için mile iki tane dönü yaptırılması gerekir. Mil üzerindeki dairesel ölçek de 50 bölmeye ayrılmıştır. Böylece dairesel ölçek üzerindeki her bölme 0.001 cm'ye karşılık gelir. Bir bölmenin kesirlerinin de dikkate alınmasıyla mikrometre ile 0.0001 cm'ye kadar ölçüler yapılabilir. Milin, çizgisel ölçek üzerindeki iki 0.1 cm çizgisinin yarısından daha fazla ilerlemiş olduğu durumlarda, dairesel ölçek üzerindeki okumalara 0.050 cm eklenmesi gerektiği unutulmamalıdır.

Silindirlerden en büyük ikisini sıra ile, yarısına kadar su doldurulmuş 100 ml'lik ölçekli kaba koyunuz (metal silindirin hafifçe kayarak gitmesi için ölçekli kabı eğik tutunuz). Silindirlerin v hacimlerini yükseltikleri suyun hacmini belirleyerek, ölçünüz.

Bütün silindirlerin m kütlelerini terazi ile ölçünüz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Uzunluğu L, çapı d olan bir silindirin hacmi,

$$V = \frac{1}{4}\,\pi L d^2 \qquad (1)$$

bağıntısı ile verilir. Burada $\pi = 3.14$ 'dür. Her silindirin hacmini, ölçtüğünüz L ve d değerlerinden yararlanarak hesaplayınız. Hesapladığınız V değerleri ile, bölmeli kapta suyun yükselmesi sonucu doğrudan elde ettiğiniz v değerlerini

karşılaştırınız.

Bir cismin μ özkütlesi, kütlesinin hacmine oranıdır.

$$\mu = \frac{m}{V} \qquad (2)$$

Özkütlenin metrik birimi santimetreküp başına gram (gr/cm^3) ya da metreküp başına kilogram (kg/m^3) dır. Verilerinizden her silindirin özkütlesini hesaplayınız.

Türdeş (homojen) bir maddenin özkütlesi, onun kendine özgü özelliklerinden biridir ve kütlesinden bağımsızdır. Bu nedenle, deney hataları dışında bütün metal silindirler için aynı μ değerini elde etmeniz gerekir. Bununla birlikte her deneydeki doğruluğun sınırlı olması nedeni ile, bulacağınız dört μ değeri tam olarak birbirine eşit çıkmayacaktır. Verilerinizden, dört silindirin özkütlesinin "en iyi" değerini bulmak için aşağıdaki iki yöntemi kullanınız.

Yöntem 1. μ'nün dört değerinin ortalamasını alınız.

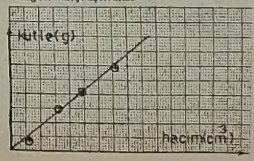
Yöntem 2. Silindirlerin m kütlelerini, v hacimlerine bağlayan $m = f(V)$ grafiğini çiziniz. (2) bağıntısından görüldüğü gibi,

$$m = \mu . V \qquad (4)$$

dir. (4) bağıntısı $m = f(V)$ grafiğinin başlangıçtan geçen bir doğru çizgi olması gerektiğini belirtir. Noktalarınızın üzerinden geçen bir doğru çizgi çiziniz. Şekil 1.5'te görüldüğü gibi, noktalarınız bir doğru çizgi üzerine düşmüyorsa, verilerinize en uygun gelecek doğruyu çiziniz. μ'nün "en iyi" değeri, doğrunun s eğimidir. Eğim, Δy düşey değişiminin, Δx yatay değişimine oranıdır. Yani,

$$s = \frac{\Delta y}{\Delta x} \qquad (5)$$

dir. Doğrunuzun eğimini hesaplayınız. Bu değerle, 1. Yöntemden elde ettiğiniz değeri karşılaştırınız.



Şekil 1.5- $m = f(V)$ grafiği. Doğru çizgi, veri noktalarına olabildiği kadar yakın ve başlangıçtan geçecek biçimde çizilmiştir.

Bulduğunuz μ değerini, bir özkütleler çizelgesinde verilen özkütle değeri ile karşılaştırınız.

KAYNAKLAR

1. A.H., Cromer, Physics for the life Sciences, Mc Graw-Hill, Çizelge 7.2
2. Handbook of Chemistry and Physics, Rubber Co. Cleveland.

EK BİLGİLER

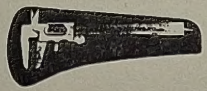
Bir maddenin, başka bir maddeye göre daha yoğun olup olmadığının belirlenmesi gerekebilir. Bu durumda bu iki maddenin özkütlelerinin oranına bakılmalıdır. Bu orana, sözkonusu iki maddenin birbirlerine göre yoğunluğu ya da bağıl yoğunluğu denir. Örneğin A maddesinin özkütlesi μ_A, B maddesinin özkütlesi de μ_B ise, A maddesinin, B maddesine göre yoğunluğu,

$$\rho = \frac{\mu_A}{\mu_B} \qquad (3)$$

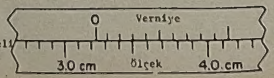
dir. Bu oran 1'den büyükse A maddesi B maddesinden daha yoğun, 1'den küçükse B, A'dan daha yoğundur. Kolayca görüleceği gibi bağıl yoğunluğun birimi yoktur.

Maddelerin suya göre yoğunluklarına doğrudan "yoğunluk" denir. Suyun özkütlesi $\mu_{su} = 1\ g/cm^3$ olduğu için, bütün maddelerin "yoğunluk"larının sayısal değerleri, özkütlelerinin sayısal değerlerine eşittir. Bu sonuca bakılarak özkütle ve yoğunluk kavramları karıştırılmamalıdır. Bu kavramlar fizikte çok ayrı nitelikleri belirler.

Şekil(1.2) Verniyeli Kompas



Şekil (1.3) Bir Verniyeli Ölçeğin Kullanılması



DENEY RAPORU

Bölümü :.....
No. :.....
Adı,Soyadı :.....
Tarih :.....

TFD- 1 ÖLÇME

VERİLER

Metal Silindirin Cinsi :

Silindir	Cetvel		Verniyeli Kompas ve Mikrometre		Suyun Yükselmesi	Terazi
	l(cm)	d(cm)	l(cm)	d(CM)	V(cm^3)	m(g)
A						
B						
C						
D						

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

1. Her silindirin $V = \frac{1}{4} \pi l d^2$ 'den hacmini ve $\mu = \frac{m}{V}$ 'den özkütlesini hesaplayınız.

Silindir	Hesaplama		Terazi	μ(g /cm^3)
	V(cm^3)		m(g)	
A				
B				
C				
D				

μ'nün ortalama değeri =

2. kütlelerini V hacimlerine bağlayan $m = f(V)$ grafiğini çiziniz ve veri noktalarından geçen bir doğru çiziniz. Doğrunun eğiminden μ'yü bulunuz.
Eğim, $s = \mu$ =

SORULAR

1. Bir silindirin hacmini bulmak için hangi yöntemin kullanılması daha iyi sonuç verir? Niçin?
2. Küçük silindirlerin hacimleri, ölçekli kaptaki suyun yükselmesi yöntemi ile niçin ölçülemez?
3. Belli bir geometrik biçimi olmayan bir taş parçasının özkütlesini, bir terazi ile hacmini bildiğimiz ölçeksiz bir kap kullanarak nasıl ölçersiniz?
4. Özkütlenin en iyi değerini elde etmek için kullanılan iki yöntemin yararlı ve sakıncalı yanları nelerdir?
5. Arkadaşınızın kafasını bir cetvelle ölçerek beyninin hacmini saptamaya çalışınız. Beyin özkütlesi 1 gr/cm^3 ise, arkadaşınızın beyninin kütlesi ne kadardır?

TFD-2 KUVVET

AMAÇLAR

1. Kuvvetleri vektörel olarak toplamayı öğrenmek.
2. Dengedeki bir sistemde bir kuvveti bulmak için, Newton'un I.ci yasasının nasıl kullanıldığını öğrenmek.
3. Makara, ip ve ağırlıklardan oluşan bazı basit düzeneklere alışkanlık kazanmak.

ARAÇLAR

Çerçeve sistemi
Kuvvet tablası
İletki
Cetvel ve yaylar (ya da yaylı terazi)

Makaralar
İpler
Ağırlıklar

GİRİŞ

Kuvvet, bir cismin başka bir cisme uyguladığı itme ya da çekmedir. Kuvvetin temel özellikleri Newton'un üç hareket yasasında özetlenmiştir. Newton'un birinci yasasının sonuçlarından biri, duran bir cisme etkiyen toplam kuvvetin sıfır olduğudur. Cisme etkiyen toplam kuvvet, ona ayrı ayrı etkiyen kuvvetlerin toplamına eşittir. Bu deneyde birinci yasanın nicel bir incelemesini yapacaksınız.

Bir kuvvet hem büyüklüğü hem de yönüyle tanımlanır (böyle hem büyüklüğü hem de yönü ile tanımlanan niceliklere vektör adı verilir). Bir kuvvet genel olarak, kuvvetin yönünü belirten bir okla gösterilir. Okun uzunluğu, istenilen herhangi bir ölçeğe göre, kuvvetin büyüklüğünü gösterecek biçimde seçilir. Örneğin, düşeyle 30°'lik açı yaparak etkiyen 4 N'luk bir kuvveti göstermek için, önce düşey doğrultuyu belirtmek üzere bir doğru çizilir (Şekil 2.1) sonra, kuvvetin doğrultusunu göstermek için ilk doğruyla 30°'lik açı yapan ikinci bir doğru çizilir. Son olarak ölçekli biçimde okun uzunluğu belirlenir. Örneğin ölçek olarak 1 N ≙ 1 cm seçilirse, Şekil 2.1'deki ok 4 cm uzunluğunda olmalıdır. Okun yönü, kuvvetin de yönüdür. Kuvvet gibi, herhangi bir vektör nicelik de ölçekli olarak çizilen bir okla gösterilebilir.

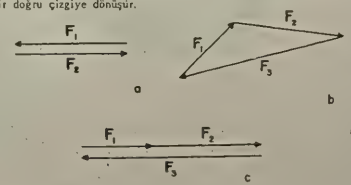
Şekil 2.1- Bir kuvvetin büyüklüğünün ve yönünün gösterilmesi.

F_1 ve F_2 gibi iki kuvvetin S toplamını bulmak için önce kuvvetler, F_2'nin başlangıç noktası F_1'in ucuna gelecek biçimde ölçekli olarak çizilir. Sonra Şekil 2.2.'de görüldüğü gibi, F_1'in başlangıç noktasını F_2'nin ucuna birleştiren ok çizilirse, bu S toplamını verir. Tüm vektör nicelikler bu yolla toplanır.

Şekil 2.2- İki kuvvetin vektörel toplanması.

Üç yada daha fazla kuvvetin toplamı, kuvvetleri birinin başlangıç noktası başka birinin ucuna gelecek biçimde çizildikten sonra, ilk kuvvetin başlangıç noktasını, son kuvvetin ucuna birleştirerek bulunur.

Şekil 2.3 (a), iki kuvvetin toplamı sıfır ise, kuvvetlerin eşit ve zıt yönlü olması gerektiğini gösteriyor. Şekil 2.3 (b)'de, üç kuvvetin toplamının sıfır olması durumunda, bu kuvvetlerin (birinin başlangıç noktası başka birinin ucuna gelecek biçimde düzenlenmeleriyle) bir üçgen oluşturacaklarını ve F_1'in başlangıç noktasının, F_3'ün ucuna uzaklığının sıfır olacağını gösteriyor. Üç kuvvet birbirine paralel ve toplamları sıfır ise, üçgen, Şekil 2.3 (c)'de görüldüğü gibi, bir doğru çizgiye dönüşür.



Şekil 2.3- Toplamları sıfır olan kuvvetlere örnekler.
a) toplamları sıfır olan iki kuvvet her zaman eşit ve zıt yönlüdür.
b) Toplamları sıfır olan üç kuvvet kapalı bir üçgen oluşturur.
c) Üç kuvvetin paralel olduğu özel durumlarda üçgen bir doğru çizgiye dönüşür.

KESİM I YAYLAR

Yayların, gerildikleri uzunluk oranında, kuvvet uygulama özellikleri vardır. Bir yaylı terazi basitçe, bir yay ile ona tutturulmuş bir göstergeden oluşur. Gös-

terge, bir bölmeli ölçek üzerinde, yayın gerildiği uzunluğu gösterir. Böylece yaylı terazi, kuvvet ölçümünde basit bir yöntem sağlar.

YAPILACAK İŞLER

Deney düzeneği, bir halkaya (cisim) bağlanmış üç yaylı teraziden oluşur. Yaylı terazilerin öteki uçlarına bağlanmış olan zincirler, dairesel bir kuvvet tablasının çevresine açılmış çentiklere takılır (Şekil 2.4). Böylece, halkaya her terazi tarafından uygulanan kuvvet bağımsız olarak değiştirilebilir. Bu kuvvetler, tablaya yerleştirilen bir kağıt üzerine, terazilerin konumlarını ve gösterge değerlerini belirten oklar çizilerek saptanır.

Şekil 2.4- Kuvvet Tablası

Aşağıdaki düzenlemelerin her biri için bir şekil (Şematik diyagram) çiziniz ve halkaya uygulanan kuvvetlerin büyüklükleri ile bu kuvvetlerin aralarındaki açıları ölçerek kaydediniz.

1. Terazilerin ya da yayların ikisini halkaya takınız ve zincirlerini tabladaki karşılıklı iki çentiğe tutturunuz. Üçüncü teraziyi ya da yayı bağlamayınız. Kuvvetlerin büyüklüklerini ve aralarındaki açıyı kaydediniz. Uzaklıkları farklı karşılıklı çentik çiftlerini seçerek bu ölçmeyi bir kaç kez tekrarlayınız.

2. Terazilerden ya da yaylardan birinin zincirini bir çentiğe, öteki ikisinin zincirlerini de beraberce başka bir çentiğe tutturunuz. Kuvvetlerin büyüklüklerini ve aralarındaki açıları kaydediniz. Farklı çentiklerde bu ölçmeyi tekrarlayınız.

3. Üç zinciri de üç farklı çentiğe takınız. Kuvvetlerin büyüklüklerini ve aralarındaki açıları kaydediniz. Zincirlerin konumlarını ve uzunluklarını değiştirerek ölçmeyi tekrarlayınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

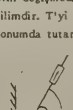
Terazilerin ya da yayların, yukarıda belirtilen her bir düzenlenmesinde halkaya uygulanan kuvvetlerin vektörel toplamı sıfır olmalıdır. Her durum için ölçülen kuvvetlerin vektörel toplamını hesaplayınız ve bu toplamı gösteren bir grafik çiziniz. Vektörel toplamın aldığı sıfırdan farklı bir değer, deneydeki hataların bir ölçüsüdür.

KESİM II İPLER VE MAKARALAR

Bir ip, bağlandığı cisme, kendi gerilimine eşit bir kuvvet, uygular. İpin gerilimi, ip başka bir yüzeye sürtünmediği (yani başka bir yüzeye teğetsel bir kuvvet uygulamadığı) sürece, her noktasında aynıdır. Bir makara, ipin gerilimini değiştirmeden yönünü değiştirir. Çünkü makara, kendisine uygulanan toplam teğetsel kuvvet sıfır oluncaya kadar döner.

YAPILACAK İŞLER

Makaradan geçen ipteki gerilimin değişmediğini göstermek için, bir ipin uçlarından birine bir W ağırlığı, öteki ucuna da bir yaylı terazi bağlayınız (Şekil 2.5). İpin iki düz kesimi arasındaki θ açısını değiştirdiğinizde, yaylı terazinin gösterdiği değerin değişmediğine dikkat ediniz. Yaylı terazinin gösterdiği değer, ipteki gerilimdir. T'yi W ağırlığı ile karşılaştırınız. Arkadaşınız makarayı sabit bir konumda tutarak dönmesini engellerse, ne olacağını gözleyiniz.

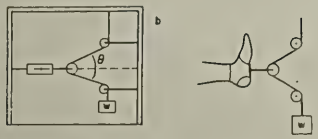


Şekil 2.5. Terazinin gösterdiği değer θ açısına bağlı değildir.

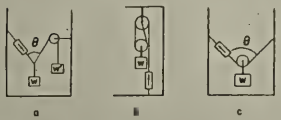
Şekil 2.6(a)'daki düzeneği kurunuz. bu düzenek, bir hastanın ayağına çekme uygulamak için kullanılan düzeneğin benzeridir (Şekil 2.6(b)). İpin ucuna bilinen bir W ağırlığı asınız ve ipler arasındaki θ açısını ölçünüz. W ve θ'yı değiştirerek ölçümlerinizi kaydediniz.

Şekil 2.7'de gösterilen düzeneklerden bazılarını kurunuz. Kurduğunuz her düzeneğin bir şemasını çiziniz. Ağırlıkları, yaylı terazinin gösterdiği de-

ğerleri ve açıları kaydediniz.



Şekil 2.6. a) Ayak çekme düzeneğine benzeyen makaralar ve ağırlık düzeneği.
b) İyileştirme amacı ile çekilmiş bir ayak.



Şekil 2.7. İpler, makaralar ve ağırlıklardan oluşan bir kaç düzenek.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Her düzenekte, yaylı terazinin bulunduğu ipteki gerilimi, W ve θ cinsinden hesaplayınız. Bulduğunuz sonucu, teraziden okuduğunuz değerle karşılaştırınız.

DENEY RAPORU

Bölümü :
No. :
Adı,Soyadı :
Tarihi :

TFD-2 KUVVET

KESİM 1 YAYLAR

VERİLER

Yay düzeneklerinin herbiri için, yayların altındaki kağıda bir tasarımsal şema çiziniz. Bu şemalar üzerine, terazilerin gösterdiği değerleri ve teraziler arasındaki açıları işaretleyiniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Yay düzeneklerinin herbiri için, halkaya uygulanan kuvvetlerin toplamını bulunuz (gerekirse ek kağıt kullanınız).

KESİM 1 İLE İLGİLİ SORULAR

1. a) 8 N'luk bir kuvvetle 5 N'luk bir kuvvetin toplanmasıyla elde edilebilecek en büyük kuvvet nedir?
   b) Bu kuvvetlerin toplanmasıyla elde edilebilecek en küçük kuvvet nedir?

c) 8 N'luk bir toplam kuvvet oluşturmak üzere, bu iki kuvvetin nasil toplanabileceğini gösteriniz.

2. Üzerine eşit büyüklükte yalnız üç kuvvetin etkilediği bir cisim durgundur. Bu kuvvetler arasındaki açılar ne kadar dır?

3. Aralarındaki açılar ne olursa olsun, 12 N, 7 N ve 3 N'luk üç kuvvetin toplamının sıfır olamayacağını gösteriniz.

KESİM II İPLER VE MAKARALAR

VERİLER

Üzerinde çalıştığınız herbir makara düzeneği için bir tasarımsal şema çiziniz ve şemaları numaralayınız. Her düzenek için aldığınız ölçüleri veriler çizelgesine kaydediniz.

Düzenek	W	W'	θ	T (Teraziden Okunan)	T (Hesaplanan)

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Her bir makara düzeneği için, terazinin bulunduğu ipteki gerilimi hesaplayınız ve bulduğunuz sonuçları veriler çizelgesine geçiriniz. Bu sonuçları, teraziden okuduğunuz değerlerle karşılaştırınız.

KESİM II İLE İLGİLİ SORULAR

1. Şekil 2.5'deki makara sabit tutulup, θ açısı değiştirilirse terazinin gösterdiği değer niçin değişir?

2. Şekil 2.6(a)'daki terazinin gösterdiği değer, hangi θ açısı için en büyüktür? Şekil 2.6(b)'deki çekme düzeneğinden verilen bir W ağırlığı için ayağa uygulanabilecek en büyük kuvvet nedir?

3. Üzerine ağırlık asılı olan bir ip [Şekil 2.7(c)] niçin tam doğrusal olarak gerilemez?

TFD- 3 İVME I

AMAÇLAR

1- Sabit çizgisel ivmeli hareket yapan bir cismi gözlemek ve bu hareket için, zaman, yol ve hız arasındaki ilişkileri incelemek,
2- Yerçekimi ivmesini ölçmek,
3- Eğik düzlemde sürtünmeyi incelemek.

ARAÇLAR

Makaralar
Ağırlıklar
İpler
Küçük araba
Küçük sunta parçası
Eğik düzlem
Kronometre

GİRİŞ

Sabit v hızı ile hareket eden bir cisim, t zamanında,

$$d = vt \qquad (1)$$

yolunu alır. Bu nedenle, d 'nin t 'ye göre grafiği, Şekil 3.1'de görüldüğü gibi, eğimi cismin hızına eşit olan bir doğrudur. Bu deyim, cismin hızının,

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \qquad (2)$$

oranına eşit olduğunu söylemekle eşdeğerdir. Burada Δx , Δt zaman aralığı içinde cismin aldığı yoldur.

Sabit çizgisel a ivmesiyle hareket eden bir cismin t anındaki hızı,

$$v = v_0 + at \qquad (3)$$

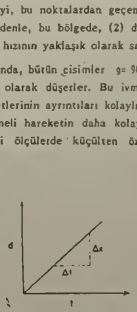
dir.

Bir cismin, zaman başlangıcından t anına kadar aldığı d yolu da,

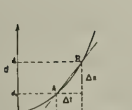
$$d = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \qquad (4)$$

dir. Burada v_0 cismin $t = 0$ anındaki hızıdır. Şekil 3.2'de görüldüğü gibi d 'nin t 'ye göre grafiği bir paraboldür. Cismin hızı sürekli olarak değiştiğinden bu hız genel olarak (2) denklemi ile verilemez. Bununla birlikte (2) denklemi, kısa zaman aralıklarında v 'nin yaklaşık değerinin bulunması için kullanılabilir. Örneğin, Şekil 3.2'de cismin $\Delta t = t_2 - t_1$ zaman aralığında $\Delta x = d_2 - d_1$ yolunu aldığı görülüyor. O halde, cismin bu zaman aralığındaki ortalama hızı ($\Delta x / \Delta t$)'dir. Bu hız, bir cismin, Şekil 3.2'deki A ve B noktalarından geçen doğru çizgi ile belirlenen, sabit hızına eşittir. A ve B noktaları arasındaki eğriyi, bu noktalardan geçen doğru gibi varsaymak iyi bir yaklaşıklıktır. Bu nedenle, bu bölgede, (2) denkleminin yaklaşık olarak geçerli ve ivmeli cismin hızının yaklaşık olarak sabit olduğu varsayılabilir.

Yeryüzü yakınında, bütün cisimler $g = 980\ cm/s^2 = 9,80\ m/s^2$ 'lik sabit çizgisel ivme ile düşey olarak düşerler. Bu ivme çok büyük olduğundan, düşme, cisimlerin hareketlerinin ayrıntıları kolaylıkla gözlenemeyecek kadar hızlıdır. Bu deneyde, ivmeli hareketin daha kolaylıkla gözlenebilmesi için, yerçekimi ivmesini belli ölçülerde küçülten özel bir mekanik düzenek kullanılacaktır.



Şekil 3.1. Sabit hızla hareket eden bir cismin yol-zaman grafiği.



Şekil 3.2. Sabit çizgisel ivme ile hareket eden bir cismin yol-zaman grafiği.

EĞİK DÜZLEM

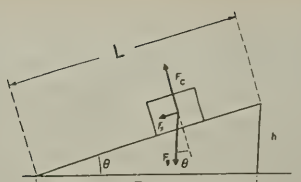
Şekil 3.3 eğik düzlemdeki m kütleli bir cismi gösteriyor. Eğik düzlem sürtünmesiz ise, cismin üzerine, yalnız eğik düzleme dik F_c tepki kuvveti ile yataya dik F_g yer çekimi kuvveti etki eder. F_g 'nin eğik düzleme paralel bileşeni cismin hareketini sağlar. Bu bileşenin büyüklüğü,

$$F_x = F_g \operatorname{Sin}\theta = mg \operatorname{Sin}\theta \qquad (5)$$

dir. Buradan,

$$a = g \operatorname{Sin}\theta \qquad (5a)$$

yazılabilir. Eğim açısını çok küçülterek, ivmeyi istediğimiz kadar küçük yapabiliriz. Bununla birlikte, bunun ancak eğik düzlemin tam sürtünmesiz olması durumunda yapılabileceğine dikkat ediniz. Çünkü düzlem sürtünmeli ise θ açısı yeteri kadar küçük olduğu zaman, sürtünme kuvveti cismin kaymasını önler.



Şekil 3.3 Sürtünmesiz Eğik Düzlemde Bir Cisme Etkiyen Kuvvetler

SÜRTÜNMELİ EĞİK DÜZLEM

Eğik düzlem sürtünmeli ise, cisme, eğik düzleme dik F_c tepki kuvveti ile yataya dik F_g yerçekimi kuvvetinden başka f_s sürtünme kuvveti de etki eder. f_s 'nin yönü, cismin hareketinin ters yönüdür. O halde, sürtünmeli eğik düzlemde hareket eden cisme, eğik düzleme paralel doğrultuda etki eden kuvvetler, F_g 'nin eğik düzleme paralel F_x bileşeni ile f_s sürtünme kuvvetidir. Newton'un ikinci yasasına göre,

$$F_x - f_s = m\,a \qquad (6)$$

yazılabilir. Burada m cismin kütlesi, a 'da ivmesidir. Sürtünme kuvvetinin en büyük değeri,

$$f_s = \mu F_c$$

bağıntısıyla tanımlanır. Burada μ, eğik düzlemle cisim arasındaki sürtünme katsayısıdır. Bu eşitliği (6)'da yerine koyarak,

$$F_x - \mu F_c = m\,a \qquad (6a)$$

bulunur. Öte yandan F_c, cismin eğik düzleme uyguladığı etkinin tepkisi olduğundan, büyüklüğü F_g 'nin yüzeye dik bileşenine eşittir. Yani,

$$F_c = F_y = mg \cos\theta$$

dir. (5) bağıntısının da gözönüne alınmasıyla, (6a)

$$m\,g\,\sin\theta - m\,g\,\mu\cos\theta = m\,a \qquad (6b)$$

biçimine girer. Buradan da sürtünmeli eğik düzlemde hareket eden cismin ivmesi için,

$$a = g\,(\sin\theta - \mu\cos\theta) \qquad (6c)$$

bulunur. Cismin eğik düzlem üzerinde tam kaymaya başladığı θ sınır açısı saptanırsa, cisimle eğik düzlem arasındaki μ sürtünme katsayısı bulunabilir. Çünkü bu sınırda $a = 0$ 'dır ve (6c) bağıntısı,

$$\mu = \operatorname{tg}\theta_s \qquad (7)$$

verir.

KESİM I Eğik Düzlem

YAPILACAK İŞLER

Eğik düzleme olabildiğince küçük bir eğim açısı veriniz. Şekil 3.3'e göre, $\operatorname{tg}\theta = h/D$ olduğunu gözönüne alarak, θ 'yı saptayınız. Eğim açısı büyük olursa, deneyin bu kesiminde kullanacağınız araba çok hızlı hareket eder. Bu nedenle arabanın inme zamanını ölçmekte güçlük çekersiniz.

Eğik düzlem üzerinde belirli bir yer saptayınız. Bu yerin, eğik düzlemin alt ucuna uzaklığını ölçünüz. Sonra buradan, küçük arabayı serbest bırakınız. Arabanın, eğik düzlemin alt ucuna gelme zamanını kronometre ile ölçünüz (küçük araba ile eğik düzlem arasındaki sürtünme önemsenmeyecek kadar küçüktür. Bu nedenle hareket, sürtünmesiz varsayılabilir). Bu işlemi, eğik düzlem üzerinde seçeceğiniz beş değişik yer için tekrarlayınız. Ölçülerinizi rapor kağıdına kaydediniz. Her ölçü için t^2 'yi hesaplayınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Küçük arabanın yol-zaman grafiğini çiziniz. (4) denklemine göre, bu grafiğin bir parabol olması gerekir.

t^2 'ye karşı yol (d) grafiğini çiziniz. (4) denklemine göre, bu grafiğin bir doğru olması gerekir. Doğrunun eğimi (1/2) a 'dır. Bundan yararlanarak küçük arabanın a ivmesini bulunuz. (5a) bağıntısından yararlanarak g yerçekimi ivmesini hesaplayınız. g 'nin bu değerini, bilinen 980 cm/s^2 değeri ile karşılaştırınız.

KESİM II Sürtünmeli Eğik Düzlem

YAPILACAK İŞLER

Eğik düzlem üzerine küçük sunta parçasını koyduktan sonra, eğim açısını yavaş yavaş büyütünüz. Sunta parçasının kaymaya başladığı θ sınır açısını çok dikkatli olarak saptayınız. (7) eşitliğinden yararlanarak, eğik düzlemle sunta parçası arasındaki μ sürtünme katsayısını bulunuz. Bu işlemi en az üç kez yineleyiniz. Sonra μ 'nün ortalama değerini hesaplayınız.

Eğik düzleme ölçtüğünüz θ sınır açısından daha büyük bir eğim açısı veriniz. KESİM I'de yaptığınız gibi, eğik düzlem üzerinde ölçtüğünüz beş ayrı uzunluktan, sunta parçasını serbest bırakınız. Sunta parçasının eğik düzlemin alt ucuna gelme zamanlarını ölçünüz. Ölçülerinizi rapor kağıdına yazınız. Her ölçü için t^2 'yi hesaplayınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Sunta parçasının yol-zaman grafiğini çiziniz. Bu grafiği, KESİM I'de çizdiğiniz yol-zaman grafiği ile karşılaştırınız.

t^2 'ye karşı yol (d) grafiğini çiziniz. Bu grafiği, KESİM I'de çizdiğiniz $d = f(t^2)$ grafiği ile karşılaştırınız. $d = f(t^2)$ grafiği, sunta parçasının sürtünmeli hareketi için de bir doğru olmalıdır. Bu doğrunun eğiminden yararlanarak sunta parçasının a ivmesini bulunuz. (6c) bağıntısından yararlanarak g yerçekimi ivmesini hesaplayınız. g 'nin bu değerini, bilinen 980 cm/s^2 değeri ile karşılaştırınız.

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD- 3 İVME I

KESİM I Sürtünmesiz Eğik Düzlem

VERİLER

Eğik düzlemin eğim açısı: $tg\,\theta = \frac{h}{b} =$; $\theta =$

ÇİZELGE I: Sürtünmesiz Eğik Düzlemde Yolun Zamana Bağımlılığının İncelenmesi:

Deneme No	Eğik Düzlem Üzerindeki Yol d (cm)	Arabanın İnme Zamanı t (s)	$t^2(s^2)$
1			
2			
3			
4			
5			

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Yol-zaman grafiğini çiziniz.

$d = f(t^2)$ grafiğini çiziniz. Bu doğrunun eğiminden küçük arabanın ivmesini bulunuz.

(5a) bağıntısından yararlanarak g yerçekimi ivmesini hesaplayınız ve bu değeri, bilinen 980 cm/s^2 değeri ile karşılaştırınız.

KESİM II Sürtünmeli Eğik Düzlem

VERİLER

ÇİZELGE II. Sürtünmeli Eğik Düzlemde Kaymanın Başladığı Sınır Açısı:

Deneme No	θ_s	$tg\theta_s = \mu$
1		
2		
3		

μ'nün ortalama değeri=

ÇİZELGE III. Sürtünmeli Eğik Düzlemde, Alınan Yolun Zamana Bağımlılığının İncelenmesi:

Eğik düzlemin eğim açısı: $tg\,\theta = \frac{h}{b} =$; $\theta =$

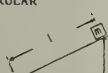
No	Eğik Düzlem Üzerindeki Yol d (cm)	Suntanın İnme Zamanı t (s)	$t^2(s^2)$
1			
2			
3			
4			
5			

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Yol-zaman grafiğini çiziniz. Bu grafiği, KESİM I'deki yol-zaman grafiği ile karşılaştırınız.

$d = f(t^2)$ grafiğini çiziniz. Bu grafiği, KESİM I'deki $d = f(t^2)$ grafiği ile karşılaştırınız. Doğrunun eğiminden sunta parçasının a ivmesini bulunuz. (6c) bağıntısından yararlanarak g yerçekimi ivmesini hesaplayınız. Bu değeri bilinen 980 cm/s^2 değeri ile karşılaştırınız.

SORULAR

1- 

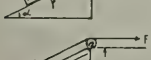
Sürtünmesiz eğik düzlemde m kütleli cisim, A noktasından ilk hızsız bırakılırsa B noktasına hangi hızla ulaşır?

2-

Sürtünmesiz eğik düzlemde m kütleli cismi h kadar yüksekliğe taşımak için uygulanması gerekli en küçük F kuvveti ne kadardır?

3-

Şekilde gösterilen sistemde ipe bağlı yaylı terazi kaç newtonu gösterir?
m= 1kg, μ =0,2 α =30° g= 10m/s^2

4- 

Kütlesi m olan sandığı eğik düzlem üzerinde yukarı çekebilmek için uygulanması gerekli en küçük kuvvet ne kadardır?

5- Eğik düzlem pratikte ne işe yarıyabilir? Kullanılma yerine üç örnek veriniz.

TFD- 3A İVME II *

AMAÇLAR

1- Sabit çizgisel ivmeli bir cismin hareketi ile ilgili kavramları iyice öğrenmek ve yerçekimi ivmesini ölçmek.
2- Birbirine bir iple bağlı iki kütlenin hareketini incelemek.

ARAÇLAR

Makaralar
Ağırlıklar
İpler
Küçük Araba
Eğik düzlem
Atwood düzeneği
Kronometre (Model 95)

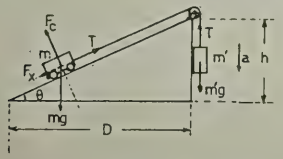
GİRİŞ

Bu deneyi yapacak olan öğrenciler, DENEY 3'ün "GİRİŞ" kesimini dikkatle okumalıdırlar. Orada verilmiş olan tüm bilgiler, bu deney için de geçerli ve gereklidir.

* Bu deney, DENEY 3 ile eşdeğer kavramları işlemektedir. Laboratuvar olanakları ve zaman kısıtlı ise, öğrencilere DENEY 3'ün yaptırılması yeterli olabilir. Laboratuvar zamanının ve olanaklarının durumuna göre DENEY 3 ve 3A birleştirilerek ya da ayrı ayrı yaptırılabilir. Ancak DENEY 3 bırakılıp, öğrencilere yalnız DENEY 3A yaptırılmamalıdır.

MAKARALI EĞİK DÜZLEM

Şekil 3A-1, makaralı eğik düzlem düzeneğini gösteriyor. Makarasız eğik düzleme göre buradaki fark, kütleli cismin, bir ip ve bir makara aracılığı ile, düşey olarak asılmış kütleli bir başka cisme bağlanmış olmasıdır.



Şekil 3A-1 Makaralı Eğik Düzlem Düzeneği

Eğik düzlem sürtünmesiz ve makaranın kütlesi çok küçük ise, m kütleli cisme, "DENEY 3"te açıklanan F_g ve F_c kuvvetlerinden başka, ipteki T gerilme kuvveti etki eder. Bu cisme, eğik düzleme paralel olarak etkiyen kuvvetler F_x ve T'dir. Şekil 3A-1'den görüldüğü gibi, bu kuvvetler zıt yönlüdür. Hareket 3A-1'de belirtilen yönde ise, Newton'un ikinci yasasına göre,

$$T - F_x = m\,a \qquad (1)$$

ya da

$$T - mg \sin\theta = m\,a \qquad (1a)$$

yazılabilir. Burada a, m ve m' kütleli cisimlerin ortak ivmesidir. Öte yandan m' kütleli cisme etki eden kuvvetler, F_g' yerçekimi kuvveti ile ipteki T gerilme kuvvetidir. Bu kuvvetler de zıt yönlü olduklarından Newton'un ikinci yasasına göre,

$$F_g' - T = m'a \qquad (2)$$

ya da

$$m'g - T = m'a \qquad (2a)$$

yazılabilir. (1a) ve (2a) denklemlerini ortak çözerek bilinmeyen T değerini aradan çıkarırsak, kütlelerin ortak ivmesi için,

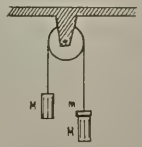
$$a = \frac{(m' - m\sin\theta)}{m + m'}\, g \qquad (3)$$

buluruz.

Kütleler düzeneğinin ivmesi, m 'yi uygun biçimde seçerek, istenildiği kadar küçük yapılabilir.

ATWOOD DÜZENEĞİ

Atwood düzeneği, Şekil 3A-2'de görüldüğü gibi, bir makaradan geçen iple birbirlerine bağlı, eşit M kütleli iki cismin, düşey olarak asılmasıyla elde edilir. Düzenek bu durumda hareketsizdir. M kütleli cisimlerden birinin üzerine, kütlesi M 'ye göre küçük, m kütleli başka bir



Şekil 3A.2 Atwood Düzeneği

cisim konursa, cisimler sabit çizgisel ivme ile hareket etmeye başlarlar.

Makaranın kütlesi ve makaradaki sürtünmeler çok küçük ise, ipin uçlarına asılı cisimlere düşey doğrultuda iki kuvvet etki eder. Bunlardan biri F_g yerçekimi kuvveti, öteki de ipteki T gerilme kuvvetidir. Newton'un ikinci yasasına göre, Şekil 3A.2'de soldaki cisim için,

$$T - F_g = M\,a \qquad (4)$$

ve sağdaki cisimler için de,

$$T - T = (M + m)\,a \qquad (5)$$

eşitlikleri yazılabilir. Bu eşitliklerden de,

$$T - Mg = Ma. \qquad (4a)$$

ve

$$(M + m)\,g - T = (M + m)\,a \qquad (5a)$$

elde edilir. (4a) ve (5a) denklemleri ortak çözülerek, bilinmeyen T gerilimi aradan çıkarılırsa, hareketin a ivmesi,

$$a = \frac{m}{2M + m}\,g \qquad (6)$$

olarak bulunur.

KESİM I Makaralı Eğik Düzlem

YAPILACAK İŞLER

Eğik düzleme küçük bir eğim açısı veriniz. Küçük arabayı, yeteri kadar uzun bir iple m' kütleli cisme bağlayınız ve ipi eğik düzlemin ucundaki makaradan geçiriniz. Arabayı elinizle eğik düzlem üzerinde çekerek, m' kütleli cismin belli bir h yüksekliğine çıkmasını sağlayınız. Elinizi yavaşça bırakarak düzeneğin hareketini gözleyiniz. Araba, eğik düzlemde, aşağı kayabilir ya da yukarı tırmanabilir. m' kütlesini uygun seçerek, arabanın eğik düzlem üzerinde yukarı tırmanmasını sağlayınız.

m' kütleli cismin, beş farklı yükseklikten masa üzerine düşmesi için geçen zamanı kronometre ile ölçünüz. Bulduğunuz sonuçları ve t^2 değerlerini rapor kağıdına yazınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

m' kütleli cismin yol-zaman grafiğini çiziniz. $h = f(t^2)$ grafiğini çiziniz. Bunun bir doğru olması gerekir. Bu doğrunun eğiminden hareketli düzeneğin a ivmesini bulunuz ve (3) bağıntısından yararlanarak g yerçekimi ivmesini hesaplayınız. Bulduğunuz g değerini, bilinen 980 cm/s^2 değeri ile karşılaştırınız.

KESİM II Atwood Düzeneği

YAPILACAK İŞLER

Uygun uzunlukta bir ipin uçlarına, eşit M kütleli iki cisim bağlayarak makaradan geçiriniz. Düzeneğin hareketsiz kalmasını sağlayınız. Sonra M kütleli cisimlerden birinin üzerine, küçük m kütleli cismi koyarak hareketi gözleyiniz.

M kütleli cismin beş farklı h yüksekliğine çıkması (ya da $M + m$ kütleli cismin beş farklı h yüksekliğinden düşmesi) için geçen zamanları kronometre ile ölçünüz. Ölçülerinizi ve t^2 değerlerini rapor kağıdınıza yazınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

M kütleli cismin yol-zaman grafiğini çiziniz. $h = f(t^2)$ grafiğini çiziniz. Bu grafik bir doğru olmalıdır. Bu doğrunun eğiminden hareketli düzeneğin a ivmesini bulunuz. (6) bağıntısından g yerçekimi ivmesinin değerini hesaplayınız ve bunu bilinen 980 cm/s^2 ile karşılaştırınız.

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD- 3A İVME II

VERİLER

Sabit ivmeli harekette alınan yolun zamana bağlılığının incelenmesi.

Eğik düzlemin eğim açısı: $tg\ \theta = \frac{h}{\ell} =$; $\theta =$

Deneme No	m^1 kütleli cismin düştüğü yükseklik h (cm)	m^1 kütleli cismin düşme zamanı t(s)	$t^2(s^2)$
1			
2			
3			
4			
5			

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

$h = f(t)$ grafiğini çiziniz. $h = f(t^2)$ grafiğini çiziniz. Bu doğrunun eğimini bulunuz ve g yerçekimi ivmesini hesaplayınız. Hesapladığınız değerle bilinen 980 cm/s^2'yi karşılaştırınız.

KESİM II Atwood Düzeneği

VERİLER

Sabit ivmeli harekette yolun zamana bağlılığının incelenmesi:

Deneme No	M kütleli cismin çıktığı yükseklik h(cm)	M kütleli cismin çıkma zamanı t(s)	$t^2(s^2)$
1			
2			
3			
4			
5			

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

$h = f(t)$ grafiğini çiziniz. $h = f(t^2)$ grafiğini çiziniz. Bu doğrunun eğimini bulunuz ve g yerçekimi ivmesini hesaplayınız. Hesapladığınız değerle bilinen 980 cm/s^2'yi karşılaştırınız.

Aşağıdaki çizelgeyi düzenleyiniz. g'nin ortalama değerini 980 cm/s^2 ile karşılaştırınız.*

yerçekimi ivmesinin bulunan değerlerinin karşılaştırılması:

	Eğik düzlem	Sürtünmeli eğik düzlem	Makaralı eğik düzlem	Atwood Düzeneği
$g(cm/s^2)$				

g'nin ortalama değeri= cm/s^2

SORULAR

1- Makaralı eğik düzlemde ve Atwood aletinde bulduğunuz g değerlerine hangi kaynaklardan hata gelir?

2- Sürtünmeli makara sistemi ile sürtünmesiz makara sistemi arasında ne fark vardır?

3- Atwood aletindeki makaranın sürtünmesiz olduğunu nasıl test edebilirsiniz?

TFD- 4 MERKEZCİL KUVVET

AMAÇLAR

1- Dairesel hareketin incelenmesi,

2- Merkezcil ve merkezkaç kuvvet kavramlarının öğrenilmesi,

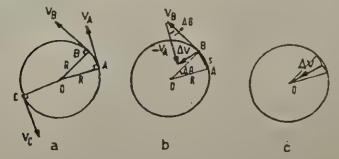
3- Dairesel yörüngede hareket eden bir cismin kütlesi, hızı ve yörünge yarıçapı ile merkezcil kuvvet arasındaki matematiksel ifadenin bulunması.

ARAÇLAR

Cam boru
Naylon iplik
Lastik tıpalar
Metal pullar
Krokodil
Kronometre

GİRİŞ

Bir harekette hız vektörünün büyüklüğü sabit kalsa ve sadece yönü değişse bile hareket ivmeli harekettir. Bunun bir örneğini düzgün dairesel harekette görebiliriz.



Şekil 4.1

Dairesel hareket yapan bir cismin yörüngesi Şekil 4.1a'da gösterilmiştir. Hızın büyüklüğü yörüngenin değişik noktalarında aynı kalıyorsa bu harekete düzgün dairesel hareket denir. Şimdi ivmenin yönünü ve büyüklüğünü bulalım. İki farklı A ve B noktası düşünelim. Bu noktalardan hareketli t_A ve t_B zamanlarında geçmiş ise bu noktalar arasında hareketlinin ortalama ivmesi,

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_B - \vec{v}_A}{t_B - t_A} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \qquad (1)$$

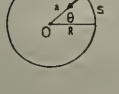
Şekil 4.1b'deki benzer üçkenlerden yararlanarak,

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{s}{R} = \frac{v \cdot \Delta t}{R} \qquad (2)$$

eşitliği yazılabilir. Bu eşitlikte $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ oranını alırsak

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{R}$$

eşitliği bulunur. Burada s yayı $\overset{\frown}{AB}$ kirişine eşit alınarak bir yaklaştırma yapılmıştır. Bu yaklaştırma Δt zamanının çok küçük olduğu limit durumunda doğrudur. İvme Δv yönündedir yani merkeze yönelmiştir.



Şekil- 4.2

$v = \frac{2\pi R}{T}$ $\quad f = \frac{1}{T}$ (s^{-1})

$S = R.\theta$ $\quad \theta$ (radyan)

$S = v.t$ $\quad v = \frac{s}{t} = \frac{R\theta}{t}$

$\frac{\theta}{t} = \omega$(radyan/s) $\quad \theta = \omega t$

$v = \omega R = \frac{2\pi R}{T}$

$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$

Hareketli cismin çember şeklindeki yörüngeyi dönmesi için geçen zamana periyod denir. Periyod T ile gösterilir. Buna göre cismin hızı $v = \frac{2\pi R}{T}$ ifadesinden bulunur. Hareketlinin birim zamanda dönme sayısına dairesel hareketin frekansı denir ve f harfiyle gösterilir. Frekansın birimi (saniye^{-1})'dir.

Hareketli cismin yörünge üzerinde aldığı s yolu ile bu yayı gören θ merkez açısı arasında $s = R.\theta$ bağıntısı vardır. Burada θ nın birimi radyandır. Birim zamanda kat edilen merkez açıya dairesel hareketin açısal hızı denir ve ω harfiyle gösterilir. Bu durumda çizgisel hız v ile açısal hız ω arasında $v = \omega.R$ bağıntısı vardır.

Newton'un II. yasası, cismin bileşke kuvvet yönünde ivmelenece-ğini ifade eder. Buna göre düzgün dairesel harekette cisme $F = m\frac{v^2}{R}$ büyüklüğünde her an hıza dik yörüngenin merkezine yönelmiş bir kuvvet etki eder. Bu kuvvete merkezcil kuvvet denir.

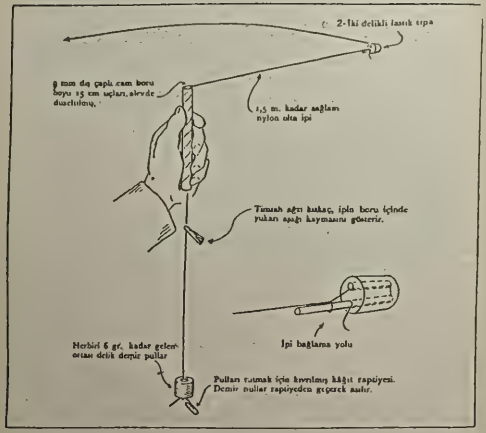
YAPILACAK İŞLER

Deneyde merkezcil kuvvetin hız, kütle ve yarıçapa ne şekilde bağlı olduğunu nicel olarak araştıracaksınız. Dairesel hareketi gözleme ve merkezcil kuvveti ölçme olanağı veren Şekil 4.3a'daki basit düzeneği kurunuz. Cam borudan geçirdiğiniz ipin ucuna, lastik tıpayı tahta çubuk yardımıyla sıkıca tutturunuz. Bunun nasıl yapılacağı Şekil 4.3b'de gösterilmiştir. Daha sonra cam çubuğu başınızdan daha yukarıda bir düzeyde düşey tutarak lastik tıpaya yatay düzlemde bir dairesel hareket yaptırınız. Hareket süresince elleriniz ipe dokunmamalı ve cam çubuğu tutan eliniz olabildiğince az hareket etmelidir. Hareket düzenli olarak yapılırken pulların ağırlığı ipteki T gerilme kuvvetine eşittir. Bu T gerilme kuvveti mantarın dairesel hareket yapması için gerekli olan merkezcil kuvveti oluşturacaktır.

Deneyde merkezcil kuvvetin hıza bağlılığını incelemek frekansa bağlılığını incelemekle eşdeğerlidir. Çünkü R yarıçaplı çember üzerinde hareket eden mantarın v hızı için daha önce

$$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi Rf$$

bağıntısını yazmıştık. Burada f mantarın frekansını göstermektedir. Önemle üzerinde durulması gereken nokta; harekete etken olan f



Şekil 4.3

(frekans), R (yarıçap), m (kütle), ve F (merkezcil kuvvet) değişkenleri arasında hangilerinin bağımsız hangilerinin bağımlı değişken seçileceğidir. Bu deneyin kendi koşullarında frekansı bağımlı, diğerlerini bağımsız değişken seçmekte ölçme kolaylığı yönünden yarar vardır. Buna göre önce m ve R 'yi sabit tutarak kuvvetin frekansa ne şekilde bağlı olduğunu araştırınız. Bir tek lastik tıpa 50 cm yarıçaplı bir çember üzerinde dönecek şekilde ipi cam borunun içinden geçiriniz. Cam borunun 2 cm kadar altına gelen bir noktadan ipe, lastik tıpa döndürülürken yarıçapın sabit kalıp kalmadığını göstermesi için, küçük bir tırnak ağızlı kıskaç tutturunuz. İpin alt ucuna 5 veya daha fazla pul takınız. Lastik tıpanın periyodunu bulmak için, siz tıpaya dairesel hareket yaptırıp krokodilin konumunu gözlerken deney arkadaşınızın da belirli sayıda dönme için geçen zamanı kronometreyle ölçmesi gerekir. Ölçüleri 50 cm yarıçap ve tek mantar koşulunu değiştirmeden fakat pul sayıları değiştirerek tekrarlayın. Ölçü sonuçlarını raporunuzda ki çizelgeye kaydediniz.

Hareketi, frekansın kütleye bağlılığını incelemek için F= 20 pul ve R= 75 cm iken 2 ve 3 tıpa için tekrarlayınız. Ölçü sonuçlarını raporunuza kaydediniz.

Frekansın yarıçapa bağlılığını bulmak için f ve m sabit (20 pul ve 1 tıpa) tutularak değişik yarıçaplar için ölçüleri tekrarlayınız. Sonuçları raporunuza kaydediniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Zaman ölçümlerinden her hareketin periyot ve frekans değerlerini hesaplayıp çizelgelere yazınız. Artık F, R, m ve f arasındaki matematiksel bağıntıyı verilerden yararlanarak bulabilirsiniz.

Önce m=1 tıpa ve R= 50 cm koşulunda f (pul sayısı) ye karşılık frekans değerlerini noktalayınız ve bu noktalardan geçen grafiği çiziniz. Bu iki nicelik arasında doğrusal bir bağımlılık var mı? Yoksa F, ye karşılık f^2 değerlerini noktalayın ve grafiği çiziniz. Aradığınız doğrusal bağımlılığı buldunuz mu? Bu şekilde doğrusal bağımlılığı elde edinceye kadar araştırınız.

Aynı şekilde yarıçap ve kütlenin frekansa bağımlılıklarını ayrı ayrı inceleyiniz. Sonuçta kuvvetin ifadesini m, R ve f 'ye bağlı olarak

yazınız. Bulduğunuz ifade giriş kesiminde verilen merkezcil kuvvet ifadesiyle uyumlu mudur? Fark varsa nedeni ne olabilir açıklayınız.

KAYNAKLAR

1- PSSC Fiziği, Bölüm 12.
2- Demir İnan, Fizik I Devinimi, Bölüm 3.
3- Chris D. Zafiratos, Physics.

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD- 4 MERKEZCİL KUVVET

ÇİZELGE I- Frekansın yarıçapla değişiminin incelenmesi:

F= 20 metal halka m= 1 tıpa n= 20 dönme sayısı

R(cm)	t(s)	$T=\frac{t}{n}$ (s)	$f(s^{-1})$	$f^2(s^{-2})$
50				
75				
100				
125				

ÇİZELGE II- Frekansın kütleyle değişimi:

F= 20 metal halka R= 50 cm n= 20 dönme sayısı

m(tıpa sayısı)	t(s)	$T=\frac{t}{n}$ (s)	$f(s^{-1})$	$f^2(s^{-2})$
1				
2				
3				

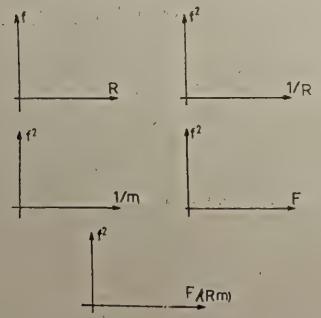
ÇİZELGE III- Frekansın kuvvetle değişimi:

m= 1 tipa R= 75 cm n= 20 dönme sayısı

F(halka sayısı)	t(s)	$T=\frac{t}{n}$ (s)	$f(s^{-1})$	$f^2(s^{-2})$
15				
20				
25				
30				

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

ÇİZELGE I, II, III'den yararlanarak aşağıda gösterilen grafikleri çiziniz.



Elde olunan grafiklerden yararlanarak, Deneyde incelenen dairesel harekette, merkezcil kuvvetle, frekans, kütle ve yarıçap arasındaki matematiksel bağıntıyı bulunuz.

SORULAR

1- Deney de mantar dairesel hareket yaparken, mantarın bağlı olduğu ip yatay düzlemde kalıyor mu? İpin yatay düzlemde kalmaması deney sonucuna hata getirir mi?

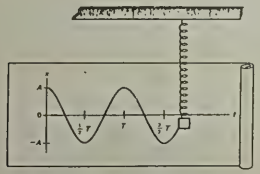
2- Bir baskül üzerinde ayakta duran bir öğrenci, bir ipin ucuna bağladığı taşa başının üzerinde yatay düzlem içerisinde bir dairesel hareket yaptırırsa, baskülün göstergesinde bir değişiklik gözlenir mi? Açıklayınız.

3- Bir ipin ucuna bağlı bir cisme düşey düzlemde dairesel hareket yaptırılırsa, yörüngenin değişik noktalarında cismin hızı farklı olacaktır. Bu durumda merkezcil kuvvet için ne söylenebilir?

4- Dünyanın çevresinde belirli bir yörüngede dönen bir haber alma uydusunun hareketi için gerekli merkezcil kuvvetin kaynağı nedir?

5- Dünya kendi ekseni etrafında dönerken, dünyayla beraber üzerinde bulunan cisimlerde döndüğüne göre, bu cisimlerin dairesel hareketleri için bir merkezcil kuvvet gerekmez mi, yoksa bu cisimlere bir merkezkaç kuvveti mi etki eder? Durumu açıklayınız.

TFD- 5 BİR SARMA YAYDA, POTANSİYEL ENERJİ DEĞİŞİMİNİN VE BASİT TİTREŞİM HAREKETİNİN İNCELENMESİ



AMAÇLAR

1- Yay sabiti ve geri çağırıcı kuvvet kavramlarının öğrenilmesi,
2- İş, potansiyel enerji ve kinetik enerji kavramlarının öğrenilmesi,
3- Basit titreşim (harmonik) hareketin öğrenilmesi ve periyot ifadesinin deney sonuçlarından bulunması.

ARAÇLAR

Sarma yay (birbirinden farklı yay sabiti olan 3 yay),
Çengenli ağırlıklar,
Kronometre,
Cetvel,
Çerçeveli deney düzeneği.

GİRİŞ

Sabit bir noktanın iki yanında salınan cisme titreşim hareketi yapıyor denir. Bu deneyde titreşim hareketinin özel bir şekli olan harmonik hareketi ve bu hareket sırasında potansiyel enerjinin değişimini inceleyeceksiniz. Harmonik harekette cisme etki eden kuvvet, cismin denge konumuna olan uzaklığı ile orantılıdır. Harmonik harekete örnek olarak bir sarkacın salınımını, bir diyapozonun titreşimini ve bu deneyde inceleyeceğiniz sarma bir yayın ucuna asılı bir kütlenin salınımını verebiliriz.

Şekil 5.1'de görüldüğü gibi bir ucu destek çubuğuna tutturulmuş sarma yayın öbür ucuna kütlesi m olan bir cismin asıldığını düşünelim. Bu durumda yay $P = mg$ ağırlık kuvvetinin etkisiyle aşağı doğru gerilecektir. Bu sırada yaya asılan cismin uyguladığı $P = mg$ kuvvetine karşılık yayda zıt yönde bir F kuvveti doğar, buna esneklik kuvveti denir. P kuvveti ortadan kaldırılırsa, F kuvveti yayı eski durumuna (gergin olmadığı durum) getirir. Bu bakımdan F kuvvetine geri çağırıcı kuvvet de denir. Esneklik sınırı aşılmamış bir yay için k, yay sabiti olmak üzere,

$$\vec{F} = -k\vec{x} \qquad (1)$$

dir. Eğer çengelli cismi yayın alt ucuna asıp elinizle alttan destekleyerek P ağırlığının etkisiyle yayın yavaş yavaş gerilmesine izin verirseniz Şekil 5.1'de görüldüğü gibi P ağırlık kuvveti ile F geri-çağırıcı kuvvet birbirine eşit oluncaya kadar yay gerilir (Denge konumu). Denge konumu farklı m kütleleri için değişik noktalarda olacaktır.

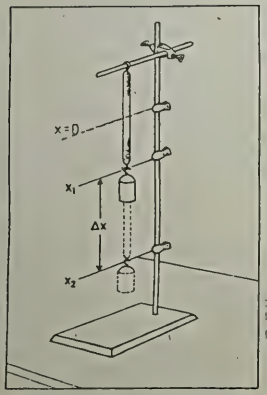
Yay x kadar gerildiğinde veya sıkıştırıldığında yaya depo edilen potansiyel enerji,

$$E_p = \frac{1}{2} kx^2 \qquad (2)$$

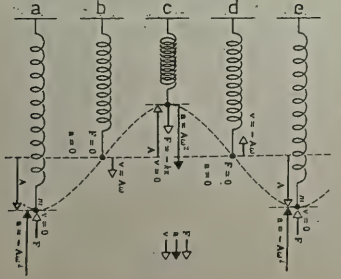
ifadesiyle verilir. Dolayısıyla x_1 ve x_2 gibi iki farklı konum arasındaki esneklik potansiyel enerji değişimi,

$$\Delta E_p = \frac{1}{2} k(x_2^2 - x_1^2) \qquad (3)$$

olur. Yayın ucundaki cismi denge konumundan A kadar yukarı kaldırıp serbest bırakırsanız, cisim denge konumu etrafında titreşim hareketi



(a)



(b)

Şekil 5.1

yapacaktır. Tam bir titreşim için geçen zamana periyot denir ve T ile gösterilir. Frekans f , birim zamandaki periyotların veya tam titreşimlerin sayısı olarak tanımlanır. Buna göre frekans, periyoda,

$$f = \frac{1}{T} \qquad (4)$$

bağıntısı ile bağlıdır. Yaya bağlı hareketli cismin denge konumuna olan uzaklığını gösteren x koordinatına uzanım adı verilir. Uzanımın en büyük değerine ise genlik (A) denir. Buna göre cismin hareket ettiği yol 2A 'dır.

Yaya asılı harmonik hareket yapan cisim hareketin en üst ve en alt noktalarında durup sonra geri döner. Cisim hareketin en üst ve en alt noktasında bulunurken sistemin tüm mekanik enerjisi potansiyel enerjiye dönüşür. Bu söylediğimiz sınır şartlarını ve ara durumları deneyle gözleyeceğiz.

YAPILACAK İŞLER

KESİM 1 Yay Sabitinin Bulunması

Bir ucu desteğe tutturulmuş yayın diğer ucuna bilinen ağırlıklar asarak bunlara karşı oluşan uzamaları kaydedin. Ölçüleri deneyde kullanacağınız üç farklı yay için tekrarlayın ve sonuçları rapor kağıdına geçirin.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Her yay için asılan ağırlıklara karşı uzamaların grafiğini ölçü sonuçlarını kullanarak çizin. Çıkan doğrusal grafiklerin eğimleri yay sabitlerinin tersini verecektir. k = (1/eğim) bağıntısından yay sabitini hesaplayın.

Çizdiğiniz grafikten yararlanarak belirli bir x uzamasına karşılık yaya depo edilen esneklik potansiyel enerjisini bulabilir misiniz?

KESİM II Yayın Potansiyel Enerji Değişimi

Yayın serbest ucuna kütlesi yarım kilogram olan bir cisim asın (Şekil 5.1). Cismi altından elinizle destekleyerek yayın normal uzunluğuna göre 20 cm daha fazla uzamış olacak şekilde, yukarı kaldırın; Şekil 5.1'de x_1 durumu. Cismi serbest bırakın ve nereye kadar düştüğüne dikkat edin (x_2). Bu iki konumu belirlemede desteğe tutturacağınız mandallardan yararlanın. Titreşimin en alt noktasını incelikli bir şekilde saptayıncaya kadar kütleyi aynı noktadan birkaç kez bırakın. Yaya asılan cismin bırakıldığı konumu değiştirerek ölçümleri tekrarlayın. Sonuçları rapor sayfasına kaydedin.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Cismin ($x_2 - x_1$) yolunu düşmesi sonucu kaybettiği yerçekimi potansiyel enerjisi ile yayın kazandığı esneklik potansiyel enerjisini ölçü sonuçlarından yararlanarak hesaplayınız. Bu iki enerji değişimini karşılaştırınca ne görüyorsunuz? Cisimle yay arasındaki etkileşmede enerji korunuyor mu?

Yayın ucundaki 0.5 kg'lık cisim düştüğü yolun yarısında iken iki potansiyel enerjinin karşılaştırmasını yapın. Aralarında bir fark var mıdır? Varsa bu fark enerji nereye gitmiştir? Açıklayınız.

Yayın ve cismin potansiyel enerjilerinin x'e karşı değişimlerini gösteren bir grafik nasıl olur?

KESİM III Harmonik Hareketle Periyod Bağıntısının Bulunması

Kurulu düzenekteki yayın ucuna 500 g'lık bir cisim asarak harmonik hareket yapmasını sağlayın. Cisim hareketin tepe noktasına ulaştığında yayın halkaları birbirine değmemelidir. Halkalar birbirlerine temas ediyorlarsa, yayı daha az gererek titreşim hareketini sağlayın. 20 tam titreşim için geçen zamanı kronometre ile ölçün. Değişik ağırlıkta cisimler asarak ölçüleri tekrarlayın. Sonuçları rapor kağıdına yazın. k sabitlerini bildiğiniz iki farklı yaya daha m= 500 g'lık cisim asarak zaman ölçümlerini tekrarlayın ve sonuçları rapor sayfasına geçirin.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Periyodun kütleye bağlılığını açığa çıkarmak için, m kütlelerine karşı T periyotlarının grafiğini çiziniz. T ile m arasında doğrusal bir bağlılık var mı? Yoksa m^2'ye karşı T grafiğini çiziniz. Çizdiğiniz iki grafikte de k= sabit tutulmuştur (aynı yaya ait deneysel sonuçlarla çizilen grafikler).

Periyodun k'ya bağlılığını bulmak için m'yi sabit tutarak k'ya karşı T grafiğini çiziniz. Aralarında doğrusal bağlılığı bulunceya kadar farklı değişkenli eksenlerle grafik çizme işlemini sürdürünüz.

Sonuçta ayrı ayrı bulduğunuz bağlılıkları birleştirerek T'nin m ve k'ya bağlılığını matematiksel bir bağıntı şeklinde yazınız.

KAYNAKLAR

1- A. H. Cromer, Physics for Life Sciences,
2- D. Halliday-R. Resnick, Physics, John Wiley and Sons Inc.
3- Richards, Sears, Wehr, Zemansky, Modern Üniversite Fiziği, (Tercüme).

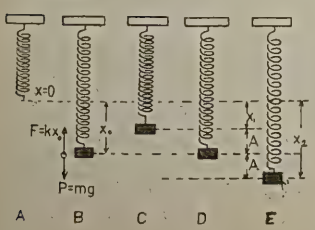
VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Periyodun kütle ile değişimi grafiğini çiziniz. $\sqrt{m}$ 'ye karşı T grafiğini çiziniz. $T = f(m)$ fonksiyonunu yazınız.

k 'ya karşı T grafiğini çiziniz. $\sqrt{k}$ 'ya karşı T grafiğini çiziniz. $T = f(k)$ fonksiyonunu yazınız.

Bulduğunuz bağlılıklardan yararlanarak $T = f(m,k)$ fonksiyonunu elde ediniz.

EK BİLGİ



Şekil 5.2- Bir sarma yayın ucuna asılan m kütlesindeki cismin, alttan A kadar kaldırılıp serbest bırakılmasıyla sağlanan titreşim hareketi.

Cismin ve yayın oluşturduğu sistemin E_0 toplam enerjisi C ,D ve E konumları ile bunların ara konumlarında sabittir. Bunları sırasıyla yazarsak,

C konumu için $E_0 = 1/2kx_1^2 - mgx_1$ (1)

D konumu için $E_0 = 1/2kx_0^2 - mgx_0 + 1/2mv_0^2$ (2)

E konumu için $E_0 = 1/2kx_2^2 - mgx_2$ (3)

Acaba $x_2 - x_0 = x_0 - x_1$ midir? Bunu görelim.

(1) ve (2) eşitliklerinden yararlanarak

$1/2kx_1^2 - mgx_1 = 1/2kx_0^2 - mgx_0 + 1/2mv_0^2$

$1/2kx_1^2 - 1/2kx_0^2 = mg(x_1 - x_2) + 1/2mv_0^2$ (4)

(2) ve (3) denklemlerinden,

$1/2kx_2^2 - 1/2kx_0^2 = mg(x_2 - x_0) + 1/2mv_0^2$ (5)

denklemi yazılabilir.

(4) ve (5) eşitliklerinde,

$E_{k0} = 1/2mv_0^2$ terimlerini yalnız bırakıp birbirine eşitlersek,

$1/2k(x_1^2 - x_0^2) - mg(x_1 - x_0) = 1/2k(x_2^2 - x_0^2) - mg(x_2 - x_0)$

$1/2k(x_1^2 - x_0^2 + x_0^2) = mg(x_1 - x_0 - x_2 + x_0)$

$k(x_1 + x_2) = 2mg = 2kx_0$

$x_1 + x_2 = 2x_0$ bu da

$x_2 - x_0 = x_0 - x_1$

demektir.

Yani, titreşim x_0 noktası etrafında simetrik olarak oluşacaktır.

$x_2 - x_0 = x_0 - x_1 = A$ dersek,

$x_1 = x_0 - A$, $x_2 = x_0 + A$

Bu durumda (1) eşitliği,

$E_0 = 1/2k(x_0 - A)^2 - mg(x_0 - A)$

$= 1/2kx_0^2 + 1/2kA^2 - kx_0A - mgx_0 + mgA$

$= 1/2kx_0^2 - mgx_0 + 1/2kA^2$ (6)

(6) eşitliği (2) eşitliği ile karşılaştırıldığında görülür ki

$1/2kA^2 = E_{k0} = 1/2mv_0^2$ 'dir.

Demek ki cismin C konumundan O konumuna gelmesiyle sistemde depo edilen potansiyel enerji (esneklik potansiyel enerjisi + yerin çekimi potansiyel enerjisi)$1/2kA^2$ kadar azalmış buna karşılık sistemin $(1/2mv_o^2)$ kinetik enerjisi artmıştır. C konumu ile ilgili (3) eşitliğinde de x_2 yerine $(x_0 + A)$ değerini yazarsak,

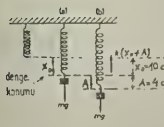
$E_0 = 1/2k(x_0 + A)^2 - mg(x_0 + A)$

$= 1/2kx_0^2 - mgx_0 + 1/2kA^2$

eşitliğini elde ederiz. Bu da C konumunda enerjinin tümüyle yeniden potansiyel enerji olarak sisteme depo edildiğini göstermektedir.

Bunu bir örnekle gösterecek olursak,

1 kg'lık çengelli bir cisim asıldığında 10 cm uzayan bir sarma yay düşünelim. Cisim yayın ucunda asılı dururken cismi elimizle destekleyerek 4 cm düşey olarak kaldıralım ve cismi yayın ucunda bağlı iken serbest bırakalım. 4 cm genlikli bir titreşim hareketi başlıyacaktır. Bu yay-cisim sisteminin x konumuna bağlı olarak potansiyel enerji grafiğini çizelim.



$E_p = \frac{1}{2}kx^2 - mgx$

$E_p = x(\frac{1}{2}kx - mg)$

$x' = 0$

$x'' = \frac{2mg}{k} = 2x_0$

x' ve x'' noktalarında $E_p = 0$'dır.

$\frac{dE_p}{dx} = kx - mg$

$\frac{dE_p}{dx} = 0 \Rightarrow x'' = \frac{mg}{k} = x_0$

x'' noktasında E_p'nin değeri minimumdur.

$k = 100 N/m$

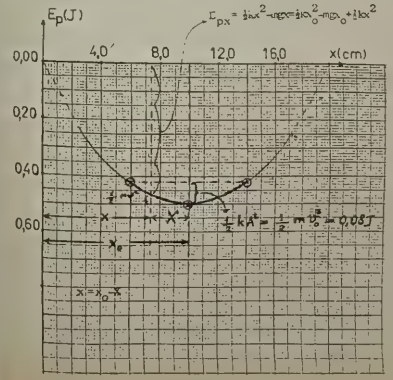
$m = 1 kg$

$E_p = \frac{1}{2}kx_1^2 - mgx_1$

$= \frac{1}{2}kx_2^2 - mgx_2$

$E_p = -0,42 Joule$

x'' noktasında $E_{k_0} = 0,08$ Joule



DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD- 5 BİR SARMA YAYDA- POTANSİYEL ENERJİ DEĞİŞİMİNİN VE BASİT TİTREŞİM HAREKETİNİN İNCELENMESİ

VERİLER

KESİM I Yay Sabitinin Bulunması

Asılan ağırlıklara karşı yaydaki uzamalar

Aşağıdaki çizelgeleri doldurunuz.

I. YAY		II. YAY		III. YAY	
F = mg dyne	x(cm)	F = mg dyne	x(cm)	F = mg dyne	x(cm)
100×10^3					
200×10^3					
300×10^3					
400×10^3					
500×10^3					

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Asılan ağırlıklara karşı yaydaki uzamaların grafiklerini her yay için ayrı ayrı çiziniz.Elde edilen doğrusal grafiklerin eğiminden her yayın sabitini (k_1, k_2, k_3) hesaplayın.

KESİM II Yayın Potansiyel Enerji Değişimi

Yaydaki Potansiyel Enerji Değişimi Çizelgesi

Aşağıdaki çizelgeyi doldurunuz.

k_1= dyne/cm

x_o(cm)	x_1(cm)	x_2(cm)	(x_2-x_1)cm	Yayın Pot.Ener. Değişimi	Cismin Pot. Ener.Değişimi

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Cismin (x_2-x_1) yolunu düşmesi sonucu cismin ve yayın potansiyel enerji değişimlerini hesaplayınız. Cismin (x_2-x_1) yolunu düşmesi sonucu bu enerjilerdeki değişimleri hesaplayınız. Aralarındaki farkı açıklayınız.

KESİM III Periyot Bağıntısının Bulunması

Periyodun Kütle İle Değişimi

Aşağıdaki Çizelgeyi Doldurunuz.

k_1 = dyne/cm n= 20 salınım

m (g)	t (s)	$T = \frac{t}{n}$ (s)	$\sqrt{m}\ (g)^{1/2}$
100			
200			
300			
400			
500			

Periyodun k Yay Sabiti İle Değişimi

Aşağıdaki Çizelgeyi Doldurunuz.

m = 500 g n = 20 salınım

k (dyne/cm)	t (s)	$T = \frac{t}{n}$ (s)
k_1		
k_2		
k_3		

SORULAR

1. Yukarıda elde ettiğiniz grafiklerden yararlanarak bir cismin kütlesini nasıl bulabilirsiniz?
2. Aynı k sabitine sahip olan bir birden fazla yayı uçuca bağladığınızda elde ettiğiniz yeni yayın k sabiti farklı mıdır?
3. Yay sabiti k olan bir yayın ucuna m kütlesinde bir cisim astığınızı ve alttan cismi elinizle tartarak yayın uzayarak yavaş yavaş dengeye gelmesini sağlayınız. Dengeye gelinceye kadar yayın x_o kadar uzadığını varsayınız. Yay x_o kadar uzarken elinizin cisme uyguladığı kuvvet ne kadar iş yapmıştır?

TFD- 6 İKİ BOYUTLU UZAYDA ÇARPIŞMA

AMAÇLAR

1- İki cismin çarpışması olayında momentumun korunumu ilkesinin incelenmesi.
2- Çarpışmada mekanik enerjinin korunumu ilkesinin incelenmesi.
3- Ölçü sonuçlarından yararlanarak çarpışan cisimlerin kütlelerinin oranının bulunması.

ARAÇLAR

Eşdeğer kütleli iki bilya, bir cam bilya, tabaka kağıt, karbon kağıdı, özel çarpışma düzeneği, terazi ve gram kutusu, cetvel, açı ölçer.

GİRİŞ

Kütlesi m, hızı $\vec{v}$ olan bir cismin çizgisel momentumu

$$\vec{p} = m\vec{v} \qquad (1)$$

dir. Hız vektörel bir nicelik olduğundan momentumda vektörel bir niceliktir.

Bir sistem üzerine dış kuvvetler etki etmezse sistemin toplam momentumu sabit kalır.

Çarpışan iki cisimden oluşmuş bir sistemi düşünürsek, çarpışma sürecinde doğan kuvvetler iç kuvvetler olduğundan momentum korunur. Sistemin çarpışmadan önceki toplam momentumu, çarpışmadan sonraki toplam momentumuna eşittir. Kütleleri m_1 ve m_2 olan iki cismin çarpışmadan önceki hızları $\vec{v}_1$ ve $\vec{v}_2$, çarpışmadan sonraki hızları $\vec{v}_1'$ ve $\vec{v}_2'$ ise momentumun korunumundan,

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2' \qquad (2)$$

yazabiliriz (Şekil 6.1). Momentum vektörel bir nicelik olduğundan yukarıdaki toplam, vektörlerin toplanmasında uygulanan yöntemlere göre yapılmalıdır (Deney 2'ye bakınız).

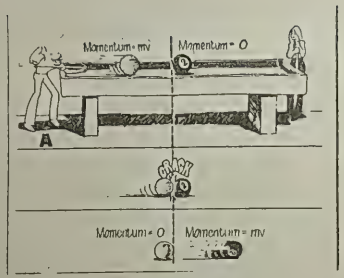
Eğer çarpışmada sistemin kinetik enerjisi de korunuyorsa, buna esnek çarpışma denir. Esnek çarpışma için (2) denklemine ek olarak,

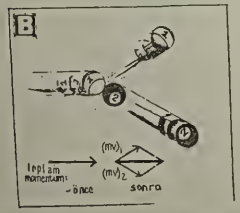
$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2 \qquad (3)$$

ifadesini de yazabiliriz. Esnek olmayan bir çarpışmada kinetik enerjinin korunumundan sözedilemez. Enerjinin bir kısmı ısı enerjisine dönüşmüştür. Esnek çarpışmaya örnek olarak çelik bir bilyanın çelik bir duvara çarpması verilebilir. Çelik bilya levhaya çarptığı hızla geri döner. Bir merminin tahta bir bloğa saplanması esnek olmayan çarpışmaya abartılmış bir örnektir.

Doğadaki bütün çarpışma olaylarında momentumun korunumu ilkesi geçerliktedir. Patlamalarda da momentumun korunumu ilkesinin geçerli olacağı açıktır.

Çarpışan iki cisim, çarpışmadan sonra da çarpışmadan önceki doğrultularını koruyorlarsa buna merkezi çarpışma denir (Şekil 6.1a). Bu arada çarpışmadan sonra cisimlerin yönleri değişebilir. Merkezi çarpışma çok özel durumlarda gerçekleşir. Genellikle çarpışan cisimler çarpışmadan





Şekil 6.1

sonra doğrultularını değiştirirler. Bu duruma bilardo toplarının çarpışması örneğini verebiliriz. Çarpışma olayı artık tek boyutta değil iki boyutta incelenmelidir (Şekil 6.1b). Momentumun korunumu heriki boyutta ayrı ayrı geçerli olmalıdır. Düzlemde birbirine dik iki eksen x ve y olursa Şekil 6.1b'deki çarpışan bilyalar için (2) vektörel bağıntısı,

$$m_1\vec{v}_{1x} + m_2\vec{v}_{2x} = m_1\vec{v}'_{1x} + m_2\vec{v}'_{2x}$$

$$m_1\vec{v}_{1y} + m_2\vec{v}_{2y} = m_1\vec{v}'_{1y} + m_2\vec{v}'_{2y}$$

olarak yazılır.

YAPILACAK İŞLER

Bu deneyde iki boyutlu uzayda merkezi olmayan esnek çarpışmaları inceleyerek, çarpışmadan önceki ve sonraki momentumları ve kinetik enerjileri karşılaştıracağız. Bu amaçla oluklu cetvel üzerinde yuvarlanan çelik bir bilyayla, düşey bir vida üzerine oturtulmuş duran başka bir bilyayı çarpıştıracaksınız. Tam çarpışma sırasında gelen bilyanın hızının düşey bileşeninin olmaması gerekir. Bunun için düşey vidayı, üzerine oturtulan hedef bilya ile gelen bilya aynı yüksekliktе bulunacak şekilde ayarlayınız. Bu durumda havanın direnci ihmal edilirse bilyaların yatay düzlemde aldıkları yol çarpışmadan sonraki hızlarıyla orantılıdır (Şekil 6.2).

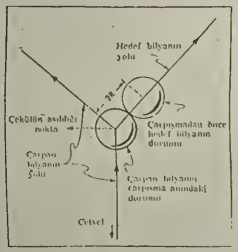
a) Karbon kağıtlarını tek bir parça meydana getirecek şekilde yanyana getirip yapışkan bantla birbirlerine tutturunuz. Karbon kağıtlarını boyalı yüzü yukarıya gelecek şekilde, Şekil 6.3'deki gibi döşeme üzerine yerleştiriniz. Beyaz tabaka kağıdı karbon kağıtları üzerine yayın ve kaymamasını sağlayın.

b) Çarpışma merkezi olan çekülün gösterdiği noktayı kağıt üzerinde işaretleyiniz.

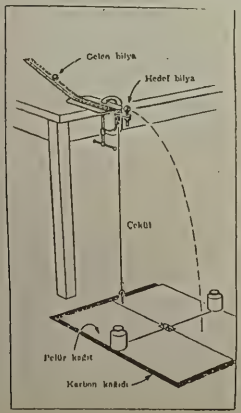
c) Hedef bilya yokken gelen bilyayı, bir ilk hız vermeden oluklu cetvelin üst tarafından yuvarlayarak bilyanın düştüğü noktayı kağıt üzerinde işaretleyiniz. Bu sistemi beş kez tekrarlayınız. Bilyanın düştüğü noktaları bir daire içine alarak merkezi bir nokta saptayınız. Bu işlem size, bilyanın çarpışma yapmadan önceki hızını verecektir. Deney süresince bilyayı her seferinde aynı yüksеklikten bırakmaya dikkat ediniz.

Eşit Kütleli Bilyaların Çarpışması

a) Hedef bilyayı düşey vida üzerine yerleştiriniz. Gelen bilyayı, bir ilk hız vermemeye dikkat ederek oluklu cetvelden yuvarlayarak hedefle çarpıştırınız. Bu işlemi aynı konumda birkaç kez tekrarlayınız ve merkezi bir nokta tesbit ediniz. Bu çarpışmalar sırasında hedef bilyanın yönü değişmemelidir ve yuvarlanan bilya da hep aynı yüksеklikten serbest bırakılmalıdır. Bilyaların kağıda çarptığı noktalarda ki izleri diğerlerinden ayırmak için numaralayınız.

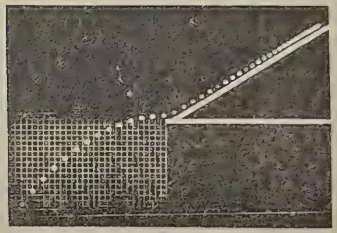


Şekil 6.2



Şekil 6.3

Küreler in çarpışmadan sonraki hızlarını göstermek için oluklu cetvelde çekülün gösterdiği nokta başlangıç olmak üzere kağıt üzerine vektörler çiziniz. Hedef bilyanın çarpma anındaki durumu Şekil 6.3 yardımı ile belirlenebilir. Deneyde bilyaların düştükleri düşey yüksekliğin bir önemi yoktur. Şekil 6.4'ü inceleyerek bu sonucu kolaylıkla çıkara bilirsiniz.



Şekil 6.4

b) Hedef bilyayı taşıyan vidanın bağlı olduğu kolu döndürerek çarpışma noktası değiştirilebilir. Hedef bilyanın farklı iki konumu için yukarıdaki işlemleri tekrarlayınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Her çarpışmaya ait elde ettiğiniz hız vektörlerini, çarpışan bilyaların eşit kütleli olmaları nedeniyle momentum vektörlerinin birer ölçüsü olarak alabiliriz. Bu görüş altında momentumun korunumu ilkesi deneyle gerçekleşiyor mu? Deney sonuçlarına bakarak yorumlayınız. Çarpışmalarda kinetik enerjinin korunup korunmadığı hakkında birşey söyleyebilir misiniz? Açıklayınız.

Momentumun korunumu ilkesini momentumun x ve y bileşenleri için ayrı ayrı inceleyiniz.

Çarpışmadan sonraki bilyaların hız vektörleri arasındaki açıyı ölçünüz. Sonucu yorumlayınız.

Farklı Kütleli Bilyaların Çarpışması

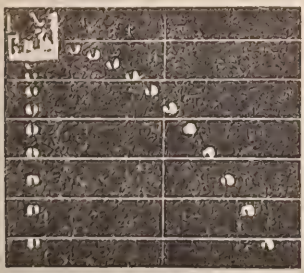
Hedef olarak cam bir bilya kullanarak, eşit kütleli bilyaların çarpışması kesiminde yaptığınız ölçümleri tekrarlayınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Momentumun korunumu ilkesinden yararlanarak çarpışan bilyaların kütlelerinin oranını bulunuz. Kağıt üzerinde elde ettiğiniz hız vektörleri diyagramından yararlanarak çarpışan kütlelerin oranını bulunuz.

KAYNAKLAR

1- PSSC Fiziği, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları.
2- D. Halliday-R. Resnick, "Physics", John Wiley and Sons Inc..
3- Zafiratos, "Physics", John Wiley and Sons Inc..



Şekil 6.5. Aynı anda yatay atılan ve serbest düşmeye bırakılan iki bilyanın yörüngeleri ve konumları.

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD- 6 İKİ BOYUTLU UZAYDA ÇARPIŞMA

EŞİT KÜTLELİ BİLYALARIN ÇARPIŞMASI

VERİLER

Tabaka kağıt üzerindeki ölçü sonuçlarını ve çizilen vektörleri deney raporunuza taşıyınız. Bunun için 10 defa küçültülmüş ölçekli bir şema çiziniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Sonuçları, momentumun ve enerjinin korunumu ilkesi açısından inceleyiniz.

FARKLI KÜTLELİ BİLYALARIN ÇARPIŞMASI

VERİLER

Eşit kütleli bilyaların çarpışması kesimindeki işlemleri yapınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Sonuçları momentumun ve enerjinin korunumu ilkesi açısından inceleyiniz. Çarpışan bilyaların kütlelerinin oranını bulunuz.

SORULAR

1- Eğer çarpışma esnek olsaydı, momentum korunurmuydu?

2- Sürtünmeli bir yüzeyde, örneğin bilardo masasında çarpışan topları düşünelim. Bu tip çarpışmalarda momentum korunur mu? Açıklayınız.

3- Deneyde hedef bilyayı çelik, yuvarlanan bilyayı cam seçseydik nasıl bir sonuçla karşılaşılır?

4- Eşit kütleli iki çelik bilya ile deneyi yaptığımızda merkezi çarpışma koşulunu sağlayabilirsek, nasıl bir sonuç beklersiniz? Çarpışmadan sonra bilyaların hareketlerinin nasıl olacağını açıklayınız.

5- Deney farklı kütleli bilyalarla tekrarlandığında bilyalar yine aynı zamanda mı yere ulaşıyorlar? Açıklayınız.

6. Aşağıdaki şekilde, büyük top resmin üst tarafından küçük topla şeklin alt tarafından geliyor. Gördüğünüz gibi, çarpışma ortada gerçekleşiyor.
   a) Büyük topun hızındaki değişmeyi ve küçük topun hızındaki değişmeyi tanımlayan vektörleri çiziniz.
   b) Büyük topun kütlesi 210 gramdır. Küçük topun kütlesi kaç gramdır?

TFD- 7 KIRMA İNDİSİ

AMAÇLAR

1- Kırma indisini öğrenmek.
2- Mikroskopta ölçme yapmayı öğrenmek.
3- Verniyeli ölçeklerde deneyim kazanmak.
4- Katı ve sıvıların kırma indislerini ölçmek.

ARAÇLAR

Verniyeli mikroskop
Camlar (cam ve pleksiglas)
Petri kutusu
Küçük beher
Tebeşir tozu ya da talk pudrası

GİRİŞ

İnce bir ışık demeti, türdeş (homojen) bir ortam içinde doğrusal yol boyunca ve sabit hızla yayılır. Işık demeti bir ortamdan başka bir ortama geçerken, ışığın hızı ve yayılma doğrultusu değişir. Bu olaya ışığın kırılması denir. Kırılma olayı ile ilgili iki temel yasa vardır. Bunlardan biri, iki ortamın arakesit normali ile gelen ve kırılan ışık ışınlarının aynı düzlem içinde olduğunu söyler. İkinci yasa ise, gelme açısı ile kırılma açısının sinüslerinin oranının sabit olduğunu söyler. Başka bir deyişle, Şekil 7.1'deki gibi, gelen ışık ışınının normalle yaptığı açıyı (gelme açısı) θ_1 ve kırılan ışık ışınının normalle yaptığı açıyı (kırılma açısı) θ_2 ile gösterirsek,

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \text{sabit} \qquad (1)$$

bağıntısı yazılabilir (W. Snell 1621). Buna Snell yasası da denir. Işığın dalga kuramına göre

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21} \qquad (2)$$

dir. Burada v_1 ve v_2 sırasıyla ışığın I. ve II. ortamdaki hızları, n_1 ve n_2 ortamların mutlak kırma indisleri ve n_{21} de ikinci ortamın birinci ortama göre bağıl kırma indisidir.

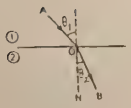
Bir M ortamının mutlak kırma indisi,

$$n_m = \frac{c}{v_m} \qquad (3)$$

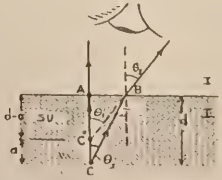
ifadesiyle tanımlanabilir. Burada c ışığın boşluktaki hızı, v_m de ışığın m ortamındaki hızıdır. Işığın havadaki hızı, boşluktaki hızına çok yakın olduğu için, havanın mutlak kırma indisi bir alınır. Katı ve sıvılarda ışığın hızı, havadaki hızından küçük olduğundan, bu ortamların mutlak kırma indisleri (3) eşitliğine göre birden büyüktür.

I.ci ortamın hava olduğu durumlarda II. ortamda ışık normale yaklaşarak kırılacaktır. Her öğrenci (2) ifadesini inceleyerek hangi durumlarda tam yansımanın olacağını düşünmelidir.

Şekil 7.2'de I. ortamından C noktasındaki cisme bakan bir göz, C'den gelen ışık ışınlarının iki ortamın arakesitinde kırılması nedeniyle cismi C' noktasında görür. θ_1 ve θ_2 açılarının küçük olması durumunda,



Şekil 7.1



Şekil 7.2

$$\text{Sin } \theta_1 \simeq \text{tg } \theta_1 = \frac{AB}{AC'}$$

$$\text{Sin } \theta_2 \simeq \text{tg } \theta_2 = \frac{AB}{AC} \qquad (4)$$

yazılabilir. I ortamındaki gözün C' noktasında gördüğü görüntü ile, C noktasındaki cisim arasındaki yükseklik farkı CC' = a dır. II. ortamın kalınlığı CA=d ise, (2) ve (4) bağıntılarından,

$$\frac{\text{Sin } \theta_1}{\text{Sin } \theta_2} = \frac{AC}{AC'} = n_{21}$$

ya da

$$n_{21} = \frac{d}{d-a} \qquad (4)$$

bulunur. I ortamı hava olarak seçilirse, herhangi bir maddenin havaya göre n kırma indisi (4) bağıntısından yararlanılarak bulunabilir.

Burada $n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = n_2$ dir. Çünkü $n_1 = 1$ dir.

YAPILACAK İŞLER

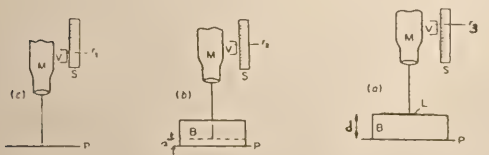
Bu deneyde katı ve sıvıların kırma indislerini mikroskop kullanarak ölçeceksiniz. Mikroskopla, mikroskobun objektifinden belirli bir uzaklıktaki bir düzlemi ya da bu düzlem üzerindeki noktaları net görebilirsiniz. Bu nedenle mikroskobu bir yükseklik ölçme aracı olarak kullanabilirsiniz. Bunu sağlamak için, mikroskobun üzerine, 0,1 mm duyarlığı olan verniyeli bir ölçek takılmıştır. Verniyeli ölçek yardımıyla yükseklikleri 0,1 mm'den daha az bir yanılgı ile ölçebilirsiniz.

UYARI

Mikroskopta, objektifin altındaki cismi net görebilmek için ayar vidasını kullanırken, objektifin cisme dokunmamasına dikkat ediniz. Buna dikkat etmezseniz objektif zarar görebilir. Objektifin incelenen cisme uzaklığı genellikle birkaç milimetredir.

Katıların Kırma İndisi

Kullanılacak düzenek Şekil 7.3'te gösterilmiştir. Mikroskobun tablasına bir lam yerleştiriniz ve lamın üzerine kurşun kalemle bir çarpı işareti koyunuz. Mikroskobu, bu işareti net görecek biçimde ayarlayınız ve verniyeli ölçekten işaretin r_1 konumunu saptayınız. Lamın üzerine, kırma indisini ölçeceğiniz katı parçacığını koyunuz. Mikroskobu yeniden çarpı



Şekil 7.3

işaretini net görecek biçimde ayarlayınız (Hava içindeki mikroskobun objektifi aracılığı ile gördüğünüz görüntünün, çıplak gözle gördüğünüz görüntü gibi, çarpı işaretinin gerçek yerinden yüksekte olduğunu unutmayınız). Verniyenin yeni r_2 konumunu okuyunuz. $r_2 - r_1$ farkı, Şekil 7.2'deki a' yükselmesini verir. Kırma indisini ölçeceğiniz katı parçasının üst yüzeyine tebeşir tozu ya da talk pudrası serpiniz ve mikroskobu bu yüzeye odaklayarak verniyenin son r_3 konumunu okuyunuz. $r_3 - r_1$ farkı katı parçasının kalınlığını verir. Bu ölçüleri en az beş kez tekrarlayınız.

Sıvıların Kırma İndisi

Mikroskobun tablasına petri kutusunu yerleştiriniz. Petri kutusunun tabanının iç yüzüne kurşun kalemle bir çarpı işareti koyunuz. Mikroskobu, bu işareti net görecek biçimde ayarlayınız ve verniyeli ölçekten işaretin r_1' konumunu okuyunuz. Petri kutusuna kırma indisini ölçeceğiniz sıvıyı koyunuz. Mikroskobu yeniden çarpı işaretini net görecek biçimde ayarlayınız. Verniyenin yeni r_2' konumunu okuyunuz. $r_2' - r_1'$ farkı Şekil 7.2'deki a' yükselmesini verir. Sıvı yüzeyine tebeşir tozu ya da talk pudrası serpiniz ve mikroskobu bu toz taneciklerine odaklayarak verniyenin

son r'_2 konumunu okuyunuz. $r'_2 - r'_1$ farkı sıvının d' yüksekliğini verir. Bu ölçüleri en az beş kez tekrarlayınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Size verilen katı ve sıvı maddelerin kırma indislerini, GİRİŞ'te açıklanan

$$n = \frac{d}{d-a}$$

bağıntısından yararlanarak hesaplayacaksınız. Kırma indislerini hesaplarken, bu bağıntıdaki niceliklerin ortalama değerlerini kullanınız.

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD- 7 KIRMA İNDİSİ

VERİLER VE VERİLERİN ANALİZİ

Katıların Kırma İndisi

Aşağıdaki çizelgeleri tamamlayınız.

Kullanılan madde:

	r_1 (mm)	r_2 (mm)	r_3 (mm)
1			
2			
3			
4			
5			

r_1 ort (mm)	r_2 ort (mm)	r_3 ort (mm)	$a = r_2$ ort $- r_1$ ort (mm)	$d = r_3$ ort $- r_1$ ort (mm)

Kırma indisini hesaplayınız

$$n = \frac{d}{d-a} = \frac{\qquad}{\qquad} =$$

Sıvıların Kırma İndisi

Aşağıdaki çizelgeleri tamamlayınız.

Kullanılan madde:

	r'_1 (mm)	r'_2 (mm)	r'_3 (mm)
1			
2			
3			
4			
5			

r'_1 ort (mm)	r'_2 ort (mm)	r'_3 ort (mm)	$a' = r'_2$ ort $- r'_1$ ort (mm)	$d' = r'_3$ ort $- r'_1$ ort (mm)

Kırma indisini hesaplayınız.

$$n' = \frac{d'}{d'-a'} = \frac{\qquad}{\qquad} =$$

SORULAR

1- Bu deneyde kırma indisini ölçmek için kullandığınız yöntemi, herhangi bir katı ya da sıvı madde için kullanabilir misiniz?

2- Camın havaya göre kırma indisi, suyun havaya göre kırma indisinden neden büyüktür?

3- Bu deneyi tek renkli ışıkla yapsaydınız, aynı madde için mor ve kırmızı ışık kullanarak bulacağınız kırma indisi değerleri farklı olur muydu? Niçin?

4- Katının ya da sıvının kalınlığını değiştirdiğimizde kırma indisi nasıl değişir?

5- Kırma indisi sıcaklığa nasıl bağlıdır?

6- Bu deney başka hangi optik aletle yapılabilirdi?

TFD- 8 DURAN DALGALAR

AMAÇLAR

1- Bir ip üzerinde duran dalgaları gözlemek.

2- Bir sicimdeki duran dalganın dalga boyunun, sicimdeki gerilmenin karekökü ile orantılı olduğunu göstermek.

3- Bir hava sütununda duran dalgaları oluşturarak sesin hızını ölçmek.

ARAÇLAR

Sabit frekanslı titreştirici,
Naylon iplik,
Makara,
Ağırlıklar,
Kunt borusu (ses dalgası rezonans düzeneği),
Mikrofon,
Hoparlör,
Ses yükselteci (amplifikatör),
Osilaskop,
1 m'lik cetvel,
Dalga üreteci (osilatör).

GİRİŞ

Duran dalga, bir ortamda hareket etmek yerine, sabit bir konumda kalan dalgadır. Bu dalga, bir dalganın yayılmasına izin vermeyen bir engelle sınırlanmış, herhangi bir ortamda oluşabilir. Çünkü bir ortamda yayılan dalga böyle bir sınıra geldiğinde, geliş doğrultusuna doğru geri yansır. Bunun sonucu olarak ilerleyen bir dalga treni sabit bir sınıra çarptığında, yansıyan dalga, gelen dalga ile üst üste binerek (süperposizyon) ortamda bir duran dalga deseni oluşturur. Bir sicim üzerindeki enine sinüs dalgaları Şekil 8.1'de çizilmiştir. Yansıyan ve gelen dalga trenlerinin üst üste binmelerinin nasıl bir sonuç verdiği de Şekil 8.1'de görülmektedir. Genliği sıfır olan noktalar (düğümler) durgun olduklarından, toplam dalgaya "duran dalga" adı verilir. Bir düğüm noktası her zaman durgundur. Şekil 8.1'den görüleceği gibi, bir düğümün, komşu bir düğümden uzaklığı dalga boyunun yarısına eşittir. Sicimin yalnız iki düğüm arasında kalan bölümü titreşir. Bu bölgenin orta noktasına, yani uzanımın en büyük değerini aldığı noktaya karın noktası denir.

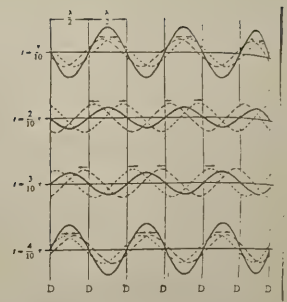
İki ucundan tutturulmuş bir gitar telini gözönüne alalım. Bu telin titreşebileceği frekansı ne belirler? Telin iki ucunun yer değiştirmesi sözkonusu olmadığından, bu uçların duran dalga deseninde düğüm noktaları olacağı açıktır. Bu "sınır koşullarını" sağlayabilecek en uzun dalga, telin iki ucu arasında hiçbir düğüm noktası olmayan, yalnızca bir karın noktası olan dalgadır. Telin boyu L ise, bu duran dalganın dalga boyu $\lambda_1 = 2L$ 'dir. Bu sınır koşullarını sağlayan ikinci en uzun dalga ise, iki uç arasında yalnız bir düğüm noktası bulunan duran dalgadır. bu dalganın dalgaboyu $\lambda_2 = 2L/2 = L$ 'dir. Bundan sonraki en uzun dalganın dalgaboyu da $\lambda_3 = 2L/3$ 'dür. Bu biçimde düşüncemizi sürdürürsek, gitar telinde oluşabilecek bütün dalgaboylarının genel olarak,

$$\lambda_n = 2L/n \quad (n = 1, 2, 3, \ldots\ldots\ldots) \qquad (1)$$

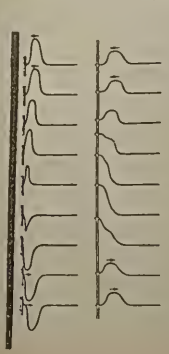
bağıntısı ile verilebileceğini görürüz.

Herhangi bir dalganın frekansı, dalganın v hızını dalgaboyuna bölerek elde edilir. Buradan, uçları sabit bir sicimdeki enine duran dalgaların titreşim frekanslarının,

$$f_n = v/\lambda_n = nv/2L \qquad (2)$$



Şekil 8.1a. Sağa doğru giden sinüs dalgaları ile sola doğru giden yansımış dalgaların üstüste binmesinden oluşan duran dalgalar.



Şekil 8.1b. I) Ucu duvara bağlı bir ipte, bir atmanın yansıması. Yansımada faz 180° değişiyor.
II) Ucu serbest olan bir ipte bir atmanın yansıması. Yansımada faz değişimi olmuyor.

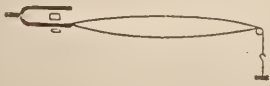
olabileceği sonucuna varırız.

Verilen bir durumun sınır koşulları, izinli titreşim frekanslarının saptanmasında çok önemlidir. Örneğin, sicimin bir ucunun karın noktası olma olasılığı vardır. Bu durumda değişik bir izinli frekanslar takımı elde edilir.

Bu deneyde, bir sicimde enine dalgalarla ve havada boyuna ses dalgaları ile oluşturulan duran dalga desenlerini inceleyeceksiniz. Deney yöneticiniz size, bu iki çeşit dalga hareketi arasındaki farkı açıklayacaktır.

KESİM I Bir Sicim Üzerinde Enine Dalgalar

YAPILACAK İŞLER



Şekil 8.2 Bir ucu sabit, diğer ucu sabit frekanslı bir titreşim frekansıyla titreştirilen ipteki kararlı enine dalgaların incelenmesi

Şekil 8.2'de görülen deney düzeneğinde, sabit frekanslı bir elektrik titreştirici vardır. Bu titreştirici bir ucu sabit bir noktaya tutturularak gerilmiş naylon ipi titreştirir. İp bir makaradan geçirilmiş ve öteki ucuna bir ağırlık asılmıştır. İpin gerginliği ve dolayısıyla dalganın hızı, ipin ucuna asılan ağırlığı değiştirerek ayarlanır. Titreştiriciyi çalıştırınız ve en az altı yarım dalgadan oluşan bir duran dalga deseni elde edinceye kadar, ipin ucundaki ağırlıkları arttırınız (telden kağıt tutturucularını ağırlık olarak kullanınız). Tam sayıda yarım dalga bölgesinden oluşan bir duran dalga deseninde, karın noktalarının genliği oldukça büyüktür. Dolayısı ile desen kolayca gözlenebilir.

Düğüm noktalarının arasındaki uzaklığı ölçünüz ve ipi geren ağırlıkları tartınız. Bir eksik yani beş yarım dalga bölgesi elde edinceye

kadar ipi geren ağırlıkları arttırınız. Yeniden düğüm noktalarının arasındaki uzaklığı ölçünüz ve ağırlıkları tartınız. Bu işlemi üç yarım dalga bölgesi elde edinceye kadar tekrarlayınız ve sonuçları rapor sayfasına yazınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

İpi geren kuvvetlere karşı, ölçülen dalgaboylarının karelerini bir grafik kağıdına işaretleyiniz ve bu noktalardan geçen doğruyu çiziniz. Kurama göre, bir ipin üzerindeki enine dalgaların hızı,

$$v = \sqrt{\frac{Tl}{M}} \qquad (3)$$

dir. Burada T ipteki gerilme, l ipin boyu ve M 'de ipin kütlesidir. λ_n dalgaboyu, sabit f frekansına,

$$\lambda_n = \frac{v}{f} = \frac{1}{f}\sqrt{\frac{Tl}{M}}$$

ya da $\mu = (M/l)$ 'boyca öz-kütle olmak üzere,

$$\lambda_n^2 = \frac{1}{f^2}\left(\frac{Tl}{M}\right) = \left(\frac{1}{\mu f^2}\right) T \qquad (4)$$

biçiminde bağlıdır. Burada $\mu = M/l$ ipin birim uzunluğunun kütlesidir. Deneyde μ'nün değeri size verilecektir. Son denklemden görüleceği gibi, λ_n^2 'nin T 'ye bağlı olarak çizilecek grafiğinin s eğimi $1/\mu f^2$ 'dir ve f 'nin değeri de

$$f = \sqrt{\frac{1}{\mu s}}$$

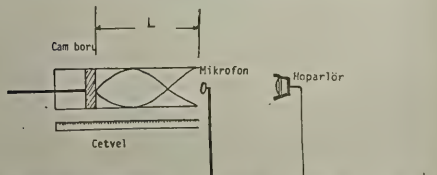
olur. Verilerinizle en iyi uyumu sağlayacak doğruyu çiziniz. Doğrunun eğimini bulunuz. (5) denklemini kullanarak titreştiricinin frekansını bulunuz ve bulduğunuz değer üzerinde yazılı olan sabit frekansla karşılaştırınız.

KESİM II Ses Dalgalarının Havadaki Hızı

YAPILACAK İŞLER

Kullanacağınız ses dalgaları rezonans düzeneği, bir ucu bir pistonla kapatılmış uzun bir cam borudur (Şekil 8.3). Bu düzeneğe Kunt

borusu denir. Borudaki hava sütununun boyu, pistonun konumu ile ayarlanır. Deneyin bu bölümünde, hava sıcaklığı değişmediği sürece, ses dalgalarının hızı sabit varsayılacaktır (ses dalgasının hız ifadesine bakınız). Borudaki hava sütununun boyu, sütun boyunca duran ses dalgaları oluşturmak için rezonans koşulu sağlamak üzere, pistonla değiştirilir. Havadaki duran dalga deseninde, cam borunun pistonla kapalı ucu bir düğüm noktasına, açık ucu ise bir karın noktasına karşı gelir.



Şekil 8.3- Sesin havadaki hızını ölçmeye yarayan düzenek.

Deneyde, rezonans koşullarını inceleyeceğiniz ve hızını ölçeceğiniz ses dalgaları, Şekil 8.3'deki hoparlörden elde edilir. Titreşim üreteci sabit frekanslı elektriksel titreşimler üretir. Bu titreşimler yükseltеçte büyütüldükten sonra, hoparlör tarafından aynı frekanslı ses dalgalarına dönüştürülür. Hoparlörden yayınlanan ses dalgaları, cam borunun içindeki hava sütununu titreştirir. Pistonun konumu uygun ise, ℓ uzunluğundaki hava sütununda bir duran dalga deseni oluşturur. Bu deseni, cam borunun açık ucuna yerleştirilen bir mikrofon aracılığı ile inceleyeceksiniz. Mikrofonda oluşan elektriksel titreşimlerin genliği, miktofonun bulunduğu noktadaki ses titreşimlerinin genliği ile orantılıdır. Bu elektriksel titreşimlerin genliklerini ve frekanslarını, mikrofonun bağlı olduğu osiloskoptan izleyebilirsiniz.

Şekil 8.3'deki düzeneği kurunuz. Cam borunun içindeki pistonu olabildiğince geriye çekerek titreşim üretecini çalıştırınız. Osiloskoptaki titreşimlerin genliğini gözleyerek pistonu yavaş yavaş itiniz. Titreşimlerin genliği en büyük değerine ulaşınca, pistonun konumunu cetvelden okuyup kaydediniz. Bundan sonra, osiloskopta ikinci maksimum genliği gözleyinceye kadar, pistonu itiniz ve konumunu kaydediniz.

Pistonun, osiloskopta gözlediğiniz iki ardışık maksimuma karşı gelen, konumları arasındaki uzaklık, kullandığınız frekanstaki $\lambda/2$ 'ye eşittir. Kullandığınız frekansı titreşim üretecinden okuyup rapor sayfasına kaydediniz. Ölçüleri beş değişik frekans için tekrarlayınız.

UYARI

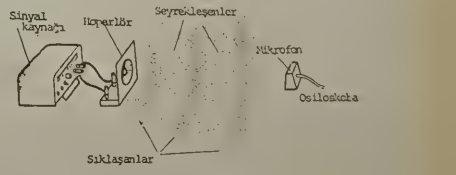
Deney yöneticiniz, Şekil 8.3'teki düzeneği kurmanıza yardım edecektir. Deney yöneticinizden izin almadan düzeneğe gerilim vermeyiniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

$1/f$ değerine karşı, ölçtüğünüz λ değerlerini bir grafik kağıdına işaretleyiniz. Veri noktalarınızla en iyi uyumu sağlayan doğruyu çiziniz. Bu doğrunun eğiminden, sesin havadaki hızını bulunuz. Bu değeri, sesin havadaki hızının bilinen değeri ile karşılaştırınız.

KAYNAKLAR

1- Weber, Manning, White "College Physics", McGraw-Hill, Chapter 21-5, page 386.
2- A. Cromer, Physics for the Life Sciences,
3- Sears, Zemansky, (Çeviri) Modern Üniversite Fiziği,
4- Resnick-Halliday, Physics.

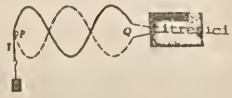


DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD- 8 DURAN DALGALAR

KESİM I Bir Sicimdeki Enine Dalgalar



VERİLER

Yarım Dalga Bölgesi Sayısı	Düğüm Noktaları Arasındaki Uzaklık (m)	Dalgaboyu, λ (m)	λ^2 (m^2)	İpteki Gerilme, T (N)

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Grafik kağıdına, T 'lere karşı λ^2 değerlerini işaretleyiniz. Veri noktalarınızla en iyi uyumu sağlayan doğruyu çiziniz ve eğimini bulunuz. İpin birim uzunluğunun kütlesini kaydediniz ve f frekansını hesaplayınız.

Eğim, s=

İpin birim uzunluğunun kütlesi, $\mu = M/L$ kg/m

$$f = \sqrt{\frac{T}{\mu s}} =$$

KESİM II Ses Dalgalarının Havadaki Hızı

VERİLER

Titreşim Üretecinin Frekansı (s^{-1})	1/f (s)	Düğüm Noktaları Arasındaki Uzaklık (m)	Dalgaboyu, λ (m)

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Grafik kağıdına, 1/f 'lere karşı λ değerlerini işaretleyiniz. Veri noktalarınızla en iyi uyumu sağlayan doğruyu çiziniz ve eğimini bulunuz. Eğim, sesin hızına eşittir.

Eğim, s= Sesin hızı= m/s

KESİM I İLE İLGİLİ SORULAR

1- İpte ölçtüğünüz en küçük ve en büyük gerilmeler için, dalga hızının sayısal değerini hesaplayınız.

2- Deneyde kullandığımız iple aynı boyutlarda ve aynı gerilim altındaki bir kurşun teldeki dalga hızı, ölçtüğünüz hızdan büyük mü, yoksa küçük mü olur?

3- İpteki gerilme,
a) Dokuz kez büyütülürse,
b) Dört kez küçültülürse

ipteki bir dalganın hızı ne kadar değişir?

KESİM II İLE İLGİLİ SORULAR

1- Pistonun
a) Birinci genlik maksimumuna,
b) İkinci genlik maksimumuna
karşı gelen konumları için, cam borudaki hava sütununda oluşan, duran dalga desenlerini çiziniz.

2- Sesin havadaki hızını, bir ipteki dalgaların hızı ve ışığın hızı ile karşılaştırınız.

3- Kunt borusu ile sesin hızının bulunması deneyini havayı boşaltılmış bir oda da yapsaydık, sesin hızı için nasıl bir sonuç bulurduk?

TFD- 9 YÜZEY GERİLİMİ

AMAÇLAR

1- Yüzey gerilimi olayının öğrenilmesi,
2- Bir kapiler borunun ucunda oluşturulan kabarcığın içindeki basıncın kabarcığın yarıçapı ile ters orantılı olduğunu göstermek,
3- Bir kapiler boruda yükselen sıvının yüksekliğinin kapiler borunun yarıçapı ile ters orantılı olduğunu göstermek,
4- Suyun yüzey gerilimini kabarcık ve kapiler-olayı yöntemlerini kullanarak ölçmek,
5- Suyun yüzey geriliminin, içine az oranda katılan bazı maddelerle büyük oranda azaldığını göstermek.

ARAÇLAR

Yüzey gerilimi düzeneği,
Cam kapiler borular,
Beher,
Plastik cetvel,
Deterjan.

GİRİŞ

Sıvıyı bir arada tutan moleküller arası çekim kuvvetidir. Bir sıvının içinde yüzeyden oldukça aşağılarda bulunan herhangi bir molekül, etrafını saran moleküller tarafından her yönde eşit biçimde çekilir. Bu nedenle, bu molekül üzerindeki toplam kuvvet sıfır olma eğilimindedir. Sıvı yüzeyine çok yakın bulunan bir molekül için ise durum farklıdır. Bu molekül yalnız, sıvının iç kesiminde bulunan moleküllerin uyguladığı çekim kuvvetinin etkisi altındadır. Böyle bir molekül üzerinde net bir "yüzey kuvveti" oluşur ve molekülü yüzeyden içerilere doğru çekmeye çalışır. Bu yüzey kuvveti nedeni ile, sıvılar bütün moleküllerini bir iç molekül yapmaya çalışırlar. Bu açıkça görüldüğü gibi olanaksızdır. Bu durumda sıvıya ikinci en iyi durumu oluşturmak kalır; bu da yüzeyini olabildiğince küçük yapmaktır.

Sıvı yüzeyi, kendini olabildiğince küçültme eğiliminde olduğu içingerilmiş bir lastik gibi davranır. Yani, yüzeyde bir gerilim vardır ve

sıvı yüzeyi, üzerine çizeceğimiz her doğruya dik ve yüzey içinde kalan bir kuvvetin etkisi altındadır (Şekil 9.1). Uzunluğunun ℓ olduğunu düşündüğümüz bir doğru parçası için bu kuvvetin büyüklüğü,

$$f = \gamma \ell$$

olarak verilir. Burada γ "yüzey gerilimi" olarak bilinen bir sabittir ve birim uzunluğa karşı gelen kuvvet olarak tanımlanabilir (dikkat ederseniz tanım olarak, yüzey gerilimi ile basınç arasında bir benzerlik vardır. Bir sıvı içindeki basıncı, birim yüzey başına kuvvet olarak tanımlıyoruz).

Bir sıvının yüzey gerilimini ölçmek için kullanılan yöntemlerden birinde, sıvı içine bir kapiler tüp daldırılır. Tüp içindeki basınç, Şekil 9.2'de gösterilen düzenek yardımıyla, kapiler tüp ucunda yarım küresel bir kabarcık oluşana dek arttırılır. Kapiler tüp içindeki basınç, Şekil 9.2'deki sulu manometre yardımıyla kolayca okunabilir. Sözkonusu basınç, Şekil 9.3'te görülen yarım küresel kabarcık oluştuğunda maksimumdur. Basıncı çok az daha arttırırsak, kapilerin ucundan serbest kabarcıkların çıkmasına neden oluruz. Deneyi yaparken tam bu konumu elde etmeğe dikkat etmeliyiz.

Şekil 9.3'te görülen yarım küresel kabarcık üzerine etki eden kuvvetleri gözönüne alarak, sıvının γ yüzey gerilimi ile manometreden okuduğumuz, kapiler tüp içindeki maksimum $\bar{p}$ basıncı arasındaki bağıntıyı bulabiliriz. Yukarıda açıkladığımız durumu oluşturmak için uyguladığımız $\bar{p}$ basıncından dolayı

$$f_1 = \bar{p} A = \bar{p} \pi r^2$$

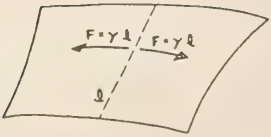
büyüklüğünde aşağı doğru bir kuvvet vardır. Burada r, kapiler borunun iç yarıçapıdır. Yüzey gerilimi ise, yarı küresel kabarcığın yüzeyinin, kapilerin iç yüzeyi ile kesiştiği çevre boyunca yukarı doğru

$$f_2 = \gamma 2 \pi r$$

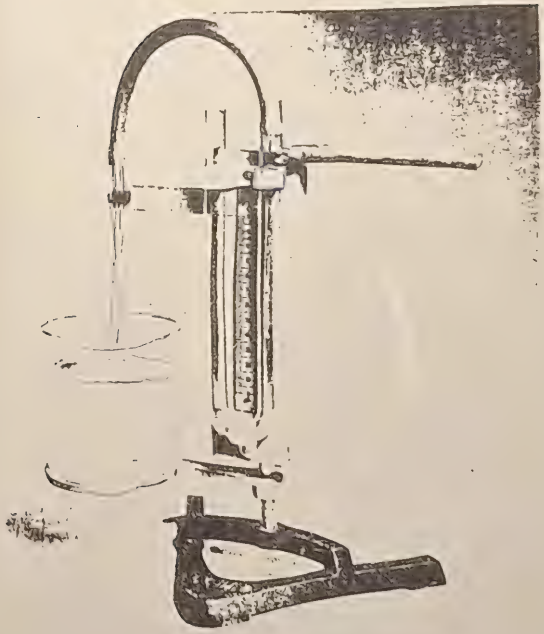
büyüklüğünde bir kuvvet doğurur. Denge durumunda bu iki kuvvet zıt yönlü fakat büyüklük olarak eşittirler, dolayısıyla

$$\gamma 2 \pi r = \bar{p} \pi r^2$$

ya da



Şekil 9.1



Şekil 9.2

$$\gamma = \frac{1}{2}\rho g r \qquad (1)$$

bağıntılarını elde ederiz. γ verilen bir sıvı için sabit olduğuna göre, elde ettiğimiz son denklem kapiler borunun çapı küçüldükçe, kabarcığı oluşturmak için uygulamamız gerekn basıncın artması gerektiğini söyler. Bu deneyde bu ilginç özelliği inceleyeceksiniz.

γ yüzey gerilimini ölçmenin ikinci bir yolu da, kapiler bir tüpü sıvı içine daldırmak ve tüp içinde yükselen sıvının yüksekleğini ölçmektir. Islak kapiler tüp içinde sıvının yükselmesinin nedeni, kapiler tüpün iç yüzeyine "yapışan" sıvının, yükselen sıvı sütunu üzerine yukarı doğru bir kuvvet uygulamasıdır (kapiler olayı). Şekil 9.4'ten yararlanarak, bu kuvvetin büyüklüğünün,

$$F_2 = \gamma 2\pi r \cos\theta$$

olduğunu görebiliriz. Burada θ, sıvı yüzeyi ile kapiler borunun iç yüzeyi ile yaptığı açıdır. h yüksekliğindeki sıvı sütununa, yerçekimi de aşağı yönlü

$$F_1 = mg = \rho V g = \rho \pi r^2 h g$$

kuvvetini uygular. Sıvı, kapiler tüp içinde, F_1 kuvveti F_2 'ye eşit olana dek yükselir.

Denge durumunda,

$$\gamma 2\pi r \cos\theta = \rho \pi r^2 h g$$

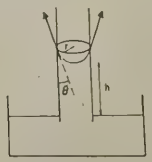
ya da

$$\gamma \cos\theta = \frac{1}{2}\rho g h r \qquad (2)$$

bağıntısı elde edilir. Temiz bir kapiler tüpte yükselen su için θ , 0°'ye çok yakındır. Dolayısıyle bu durum için, yukarıdaki denklemde $\cos\theta = 1$ alabiliriz. Buna karşın tüp kirli ve yağlı ise θ açısı büyük, olabilir. θ , açısını doğrudan ölçmek zor olduğu için bu yöntemle $\gamma \cos\theta$ değerini

ölçüp, bu değeri kabarcık yöntemi ile bulunan γ değeri ile karşılaştırmak uygun olur.

Şekil 9.3



Şekil 9.4

KESİM 1 Suyun Yüzey Geriliminin Ölçülmesi

YAPILACAK İŞLER

KABARCIK YÖNTEMİ

Size, çapları yaklaşık 0,25; 0,50 ve 1,00 mm olan üç kapiler tüp verilmiştir. (Kapiler tüplerin gerçek yarıçaplarını üzerlerindeki etiketlerden okuyabilirsiniz). Tüplerden en ince olanını manometrenin uygun koluna Şekil 9.2'de görüldüğü biçimde bir lastik hortumla bağlayınız ve yerine asınız. Kapiler tüpün yüksekliğini, ucu tam su yüzeyine değecek biçimde ayarlayınız. Manometrenin aynı kolundaki ikinci bağlantı yerine başka bir hortum bağlayınız. Bu hortumun ucuna da lastik bir pompa takınız. Pompanın sübabını kapıyarak kapiler içindeki basıncı arttırınız. Giriş bölümünde açıklanan, yarı küresel kabarcık elde edildiğinde, manometrenin kolları arasındaki Δh yükseklik farkını okuyunuz. Bu işlemleri diğer kapiler borular için de yapınız.

KAPİLER OLAYI YÖNTEMİ

Kapiler boruyu bir beher içindeki suya daldırınız ve kapiler içinde yükselen suyun h yüksekliğini bir plastik cetvelle ölçünüz. h yüksekliğini su düzeyinden ölçmelisiniz. Kapiler içinde, sıkışmış hava kabarcıklarının olmamasına dikkat ediniz. Bu işlemi de diğer kapiler borular için tekrar ediniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Her iki yöntemle elde ettiğiniz sonuçları aşağıdaki biçimde analiz ediniz.

KABARCIK YÖNTEMİ

Kapiler içindeki $\bar{p}$ basıncı, manometreden okuduğunuz Δh yüksekliğine,

$$\bar{p} = \rho g \Delta h$$

eşitliği ile bağlıdır. Bu eşitlik yardımıyla (1) bağıntısı,

$$\gamma = \frac{1}{2} \rho g \Delta h r$$

ya da

$$\Delta h = \frac{\gamma}{\frac{1}{2}\rho g} \cdot \frac{1}{r}$$

biçiminde yazılabilir. $1/r$ 'ye karşı ölçtüğünüz Δh ların grafiğini çiziniz ve doğrunun eğiminden suyun

$$s = \frac{\gamma}{\frac{1}{2}\rho g} = \frac{\gamma}{4900\ N/m^3}$$

yüzey gerilimini hesaplayınız.

KAPİLER OLAYI YÖNTEMİ

2 numaralı eşitlikten

$$h = \frac{\gamma \cos\theta}{\frac{1}{2}\rho g} \cdot \frac{1}{r}$$

elde ederiz. Buna göre, h 'nin $1/r$ 'ye karşı grafiği bir doğrudur. Bu doğrunun eğimi,

$$s = \frac{\gamma \cos\theta}{\frac{1}{2}\rho g} = \frac{\gamma \cos\theta}{4900\ N/m^3}$$

dir. Buradan $\gamma \cos\theta$ hesaplanabilir. Ölçtüğünüz h değerlerini kullanarak bu doğruyu çiziniz ve eğiminden $\gamma \cos\theta$ 'yı hesaplayınız. Kabarcık yönteminden elde ettiğiniz γ yardımıyla da $\cos\theta$'yı hesaplayınız.

KESİM II Yüzey Gerilimini Azaltan Katkı

YAPILACAK İŞLER

Su içine çok az oranda katılan bazı maddeler, örneğin deterjan yüzey gerilimini büyük ölçüde azaltır. Size şişe içinde verilen katkı maddelerinden 5 veya 10 ml ölçerek beher içindeki suya katınız ve her iki yöntemi de kullanarak karışımın yüzey gerilimini ölçünüz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

KESİM I'de yaptığınız analizi tekrar ediniz ve ölçtüğünüz yüzey gerilimi değerlerini karşılaştırınız.

KAYNAKLAR

1- A.H. Cromer, "Physics for the Life Sciences", Mc Graw-Hill,
2- R.L. Weber, Manning, White, Weygand, "College Physics", Mc Graw-Hill.

EK BİLGİLER

Kapiler Olayının Kısa Bir Açıklaması:

Sıvı moleküllerini bir arada tutan moleküller arası bir çekim kuvvetinin olduğunu yukarıda söylemiştik. Bu çekim kuvveti "kohezyon" kuvveti olarak adlandırılır. Şimdi sıvının içinde bulunduğu kabın kenarlarına yakın sıvı molekülleri düşünelim. Bu moleküllere, hem çevrelerindeki sıvı molekülleri, hem de katı kabın molekülleri bir çekim kuvveti uygular. Bir katı yüzeyin moleküllerinin, sıvı molekülleri üzerine uyguladığı kuvvete de "adhezyon" (yapışma) kuvveti denir. Bu deneyde gözleyeceğiniz gibi kapiler bir cam boru içinde suyun yükselmesinin ve yüzeyinin iç bükey olmasının nedeni, su molekülleri ile cam molekülleri arasındaki adhezyon kuvvetinin, su molekülleri arasındaki kohezyon kuvvetinden büyük olmasıdır.

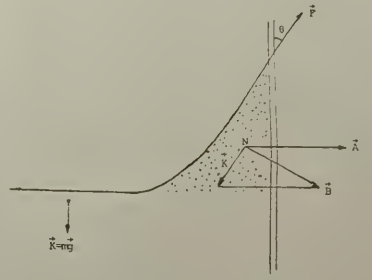
Şekil 9.5'de bir cam kap içinde bulunan suyun kap kenarında aldığı şekil gösterilmiştir. N noktasında bulunan molekül, hem komşu su moleküllerinin uyguladığı $\vec{K}$ kohezyon kuvvetinin hem de cam moleküllerinin uyguladığı $\vec{A}$ adhezyon kuvvetinin etkisi altındadır. $\vec{A}$, $\vec{K}$ dan çok büyük olduğu için bileşke kuvvet $\vec{B}$ hemen hemen cam yüzeyine diktir. Su yüzeyi kendisini bu $\vec{B}$ kuvvetine dik olacak biçimde ayarlamak zorundadır. Çünkü $\vec{B}$ kuvvetinin su yüzeyine paralel bir bileşeni olsaydı, akıcı olan su bu paralel bileşen yönünde akardı. (Kap kenarlarından uzak bölgede sıvı yüzeyinin yerçekimi kuvvetine dik olduğunu düşünün). Suyun kap kenarında yükselmesinin nedeni adhezyon kuvvetidir ve su, yüzeyi her noktada $\vec{B}$ kuvvetine dik olacak biçimde yükselir. Şekil 9.5'de noktalanarak gösterilir. Bölgenin ağırlığını, GİRİŞ'te tanımladığımız $f = \gamma\ell$ yüzey gerilimi kuvveti karşılar. θ , $\vec{T}$ ile cam kap arasındaki açı ise

$$\gamma \cos\theta \cdot \ell = \text{noktalı alanın yüzeyi} \times \rho \times g$$

yazabiliriz. Burada ρ suyun özkütlesi, g 'de yerçekimi ivmesidir. Su-temiz cam ara yüzeyi için $\theta = 0^\circ$, su-gümüş ara yüzeyi için $\theta = 90^\circ$ dir. Su-cam arası adhezyon kuvveti büyük olduğu için, γ yüzey gerilim katsayısı sabit olan su, cam kap içinde yükselir. Buna karşın su-gümüş arası adhezyon kuvveti çok küçük olduğu için, su yüzeyi gümüş kabın kenarları ile dik açı yapar.

Aynı şeyleri r çok dar yarıçaplı bir kapiler boru için de düşünebiliriz. Gözönüne aldığımız sıvı ile kapiler borunun yapıldığı madde arasındaki adhezyon kuvveti büyükse sıvı kapiler boru içinde yükselir. Bu

olaya "kapiler olayı" denir. Su, cam kapiler boru içinde yükselir, gümüş kapiler boruda ise yükselmez.



Şekil 9.5

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD- 9 YÜZEY GERİLİMİ

KESİM I Suyun Yüzey Gerilimi

VERİLER

Kapiler	Kapilerin Yarıçapı r (m)	Kabarcık Yöntemi 1/r (m^{-1})	h (m)	h_o (m)	Δh (m)	Kapiler Olayı Yöntemi h (m)
0,25 mm						
0,50 mm						
1.00 mm						

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Kabarcık ve kapiler olayı yöntemlerinin sonuçlarını aşağıdaki şekilde analiz ediniz.

KABARCIK YÖNTEMİ: Δh'ı hesaplayarak veriler tablosuna geçiriniz. $\Delta h = f(1/r)$ grafiğini çiziniz. Çizdiğiniz doğrunun eğiminden γ 'yı bulunuz.

suyun yüzey gerilimi, γ =

KAPİLER OLAYI YÖNTEMİ: $h = f(1/r)$ grafiğini çiziniz. Çizdiğiniz doğrunun eğiminden $\gamma \cos\theta$ 'yı bulunuz.

$\gamma \cos\theta$ =

$\cos\theta$ =

KESİM II Yüzey Gerilimini Azaltıcı Katkılar

VERİLER

Kapiler	Kapilerin Yarıçapı r (m)	Kabarcık Yöntemi 1/r (m^{-1})	h (m)	h_o (m)	h (m)	Kapiler Olayı Yöntemi h (m)
0,25 mm						
0,50 mm						
1,00 mm						

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Δh'ı hesaplayarak veriler tablosuna geçiriniz. KESİM I'de çizdiğiniz grafik kağıtları üzerine $\Delta h = f(1/r)$ ve $h = f(1/r)$ grafiklerini çiziniz. Çizdiğiniz doğruların eğimlerinden γ , $\gamma \cos\theta$ ve $\cos\theta$ yı bulunuz.

γ =

$\gamma \cos\theta$ =

$\cos\theta$ =

KESİM I İLE İLGİLİ SORULAR

1- Asetonun yüzey gerilimi (yoğunluk= 792 kg/m^3) hem kabarcık yöntemi hem de kapiler olayı yöntemi kullanılarak ölçülmüştür. Yarıçapı 0.15 mm olan bir kapiler için verilen Δh = 32 mm ve h = 39 mm'dir. γ ve Cos θ 'yı hesaplayınız.

2- Bir sıvının yüzey gerilimini ölçmekte kullanılan iki yöntemden hangisinde sıvının yoğunluğunu bilmeye gerek yoktur?

3- Bir su örümceğinin ayağı su yüzeyinde yarıçapı 0.3 cm olan yarıküresel bir çukur oluşturuyor.
a) Ayağın suya uyguladığı kuvvet nedir?
b) Örümceğin kütlesi nedir?

KESİM II İLE İLGİLİ SORULAR

1- Yüzey gerilimini azaltıcı bir katkı maddesi molekülü ile, bir H_2O molekülü arasındaki kuvvet, H_2O molekülleri arasındaki kuvvetten daha küçüktür. Sıvının yüzeyindeki katkı maddesi konsantrasyonu, sıvının içindekinden daha fazla olursa, kuvvetler arasındaki bu farkın ne sonuç vereceğini açıklayınız?

2- Yüzey gerilim ölçümüyle, sudaki yüzey gerilimini azaltıcı katkı maddesinin konsantrasyonunun nasıl saptanacağını açıklayınız.

TFD- 10 MERCEKLER

AMAÇLAR

1- Yakınsak merceklerin odak uzaklıklarını ölçmek
2- Yakınsak bir merceğin oluşturduğu gerçek görüntüyü gözlemek,
3- Mercek formülünü incelemek
4- Bir teleskop yapmak.

ARAÇLAR

Optik ray ve mercek tutacakları
Ölçekli tutturucular
Küçük ve büyük odak uzaklığı olan yakınsak mercekler
Işıklı cisim
Puslu cam (perde)
Cetvel

GİRİŞ

Mercekler, küresel yüzeylerinde ışığın kırılması özelliğine göre çalışırlar. Kırma indisleri farklı olan iki ortam arasındaki küresel sınır,

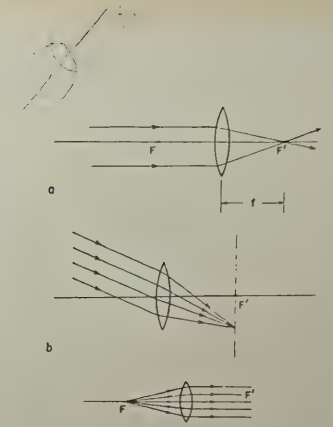
ışık geçerken toplayıcı ya da dağıtıcı etki yapar. Bu biçimdeki her yüzey, bir nokta kaynağın görüntüsünü oluşturabilir. Bu tür bir dizi yüzeyin, farklı ortamlar arasına yerleştirilmesiyle çok çeşitli optik düzenekler yapılabilir. En yaygın olarak kullanılan ortamlar hava ve camdır.

Basit bir merceğin her iki yanında küresel iki cam yüzeyi vardır. Mercek yüzeylerinin eğrilik merkezlerinden geçen doğruya merceğin "asal ekseni" denir. Bir merceğin özelliklerini belirtmekte kullanılan bir başka temel nicelik de "odak noktası" ya da "F' arka odağı"dır. Bu nokta, asal eksene paralel gelen ışık demetinin toplandığı nokta olarak tanımlanır. f "odak uzaklığı" mercekten odak noktasına olan uzaklıktır. (Şekil 10.1a) Odak noktasından geçen ve asal eksene dik olan sanal düzleme "odak düzlemi" denir. Bu düzlemin özelliği, paralel gelen bütün ışık demetlerinin bu düzlem üzerinde odaklanmasıdır.

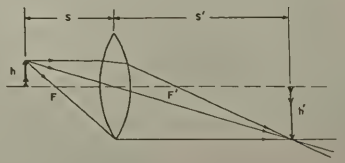
İnce bir merceğin özellikleri merceğin cisim merkezine göre simetrik olduğundan, "ön odak" denilen ikinci bir F odak noktasının tanımlanması uygun olur. Bu nokta, arka odağın tam ters tarafında mercekten f uzaklığındadır. Bu noktadan çıkan ışınlar mercekten geçtikten sonra asal eksene paralel olarak giderler.

Bütün bu kavramlar Şekil 10.1'de gösterilmiştir. Paralel gelen ışık demetleri yakınsak merceğin arka odak düzleminde görüntü oluştururlar (Şekil 10.1a ve b), ve ön odak noktasındaki bir cisimden yayınlanan ışınlar, paralel demet oluştururlar (Şekil 10.1c).

Şekil 10.2'de yakınsak bir merceğin merkezinden s uzaklığında yerleştirilmiş bir cisim görülüyor. Görüntünün yerini üç asal ışın belirlemektedir. Birinci ışın asal eksene paralel çizilmiş ve merceği geçerken arka odaktan geçecek biçimde kırılmıştır. İkinci ışın merceğin cisim merkezinden geçmektedir. Mercek oldukça ince ise, bu ışın mercek tarafından kırılmaz. Üçüncü ışın ön odaktan geçmektedir ve bu nedenle mercekten geçerken asal eksene paralel olacak biçimde kırılır. Bu üç ışının kesim noktası, cismin belirli bir noktasına karşı gelen görüntü noktasıdır. Bu deneyde, merceklerin ne gibi işler yaptıklarını ve bazı uygulamalarını inceleyeceksiniz.



Şekil 10.1



Şekil 10.2

KESİM II Yakınsak Merceğin Odak Uzaklığı

YAPILACAK İŞLER

Kullanacağınız düzenekte bir ölçekli ray, çeşitli tutturucular, bir yakınsak mercek, bir puslu cam (perde), bir düzlem ayna ve bir de ışıklı cisim vardır.

UYARI

Mercekleri tutarken büyük bir dikkat ve özen gösteriniz. Yerine takılınamış mercekleri yalnız kenarlarından tutunuz. Parmaklarınızı, merceklerin küresel kırıcı yüzeylerine dokundurmayınız. Bir merceği yatık olarak koymanız gerektiğinde, her zaman temiz bir kağıt üzerine koyunuz. Merceği tozlu ya da yağlı olabilecek bir masa ya da başka bir yüzey üzerine kesinlikle koymayınız.

Küçük bir yakınsak merceğin odak uzaklığını bulmak için, merceği tutturucusuna yerleştirip ölçekli raya tutturunuz. Puslu camı da raya tutturduktan sonra, oldukça uzakta (3 m ya da daha uzakta) bulunan bir cismin görüntüsünü ekran üzerinde bulunuz. Bunun için puslu camın takılı olduğu tutturucuyu ray üzerinde ileri geri hareket ettiriniz. Görüntüyü her zaman ekranın yüzeyine düşürünüz. Bu durumda mercek ile görüntünün konumu arasındaki uzaklık, yaklaşık olarak merceğin odak uzaklığına eşittir. Bu uzaklığı olabildiğince doğru ölçünüz.

Bir yakınsak merceğin odak uzaklığını bulmakta kullanılan ikinci bir yöntem kendiliğinden paralelleştirme (otokolimasyon) dir. Işıklı cismi tutturucusuyla birlikte raya yerleştiriniz. Küçük merçekle düzlem aynayı da tutturucularla aynı ray üzerine, mercek, cisimle ayna arasında kalacak biçimde, takınız. Merceği ve aynayı, cisim düzleminde ışıklı cismin keskin ve ters bir görüntüsü oluşuncaya kadar ray boyunca birlikte hareket ettiriniz. Bu sırada düzlem ayna merceğe paralel ve mümkün olduğunca yakın olmalıdır. Görüntünün yeri küçük beyaz bir kartonla kolaylıkla bulunabilir. Mercek ile cisim-görüntü düzlemi arasındaki uzaklık, merceğin odak uzaklığına eşittir. Bu uzaklığı ölçünüz ve kaydediniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Rapor kağıdınıza, bir yakınsak merceğin odak uzaklığını bulmak için kullandığınız, "uzak cisim" yöntemini gösteren bir çizenek çiziniz.

"Kendiliğinden paralelleştirme" yontemini, rapor kagıdınıza bir ışın çizeneği çizerek açıklayınız. Cisimle görüntünün, odak noktasında üst üste geldiğini varsayınız (Yol Gös: Odak düzleminin nasıl tanımlandığını düşününüz).

KESİM II Mercek Formulü

YAPILACAK İŞLER

Asal ışınların kullanıldığı geometrik çizenekten cebirsel işlemlere geçilebilir. Bir mercekte, s' görüntü uzaklığı, s ve f cisim ve odak uzaklığı arasındaki bağıntıya "mercek formulu" denir. Biz bu bagıntıyı deneysel olarak inceleyeceğiz. Lamba üzerindeki aydınlanmış bir ok ya da f ışaretini, cisim olarak kullanınız. Odak uzaklığı küçük olan bir mercekle elde ettiğiniz gerçek görüntüyü puslu cam üzerine düşürunuz. s cisim uzaklığının en az on değişik degeri için s' goruntu uzaklığını ve h' goruntü boyunu ölçünüz ve kaydediniz. Cismin h boyunu olçunuz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

$m = h'/h$ büyütmesini, s'/s görüntü uzaklığının cisim uzaklığına oranı ile karşılaştırınız. s ye bağlı olarak s' nün grafiğini çiziniz. Bu, mercek formülünün grafiğidir fakat kolayca yorumlanamaz. Daha basit bir grafik elde etmek için, $(1/s)$'ye bağlı olarak $(1/s')$nun grafiğini çiziniz ve noktalardan bir doğru çizgi çiziniz. Bu doğrunun eksenlerle kesim noktalarını bulunuz. Odak uzaklığının tanımı gereğince, bu yolla bulunan kesim noktaları $(1/f)$'ye eşittirler. Kesim noktalarından f 'i bulunuz. Bu değeri, önceki iki yöntemle bulduğunuz değerlerle karşılaştırınız. Öngörülen çizgisel bağımlılık

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

mercek formulünü verir.

KESİM III Kırıcı Teleskop

YAPILACAK İŞLER

Ray üzerine odak uzaklığı büyük olan merceği takınız. Düzeneği, uzaktaki bir cismin görüntüsünü elde edecek biçimde ayarlayınız. Ekran

üzerinde gerçek görüntüyü gözleyiniz ve yerini kaydediniz. f odak uzaklığı daha önce ölçülmüş odak uzaklığı küçük merceği, odak uzaklığı büyük merceğin verdiği görüntüden f uzaklığı kadar öteye koyunuz. Son görüntüyü çıplak gözle gözleyiniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Cismin sonsuzda olduğunu varsayarak, rapor kağıdınıza bir ışın çizeneği çiziniz.

KAYNAKLAR

1- Cromer, "Physics for the Life Sciences", Bölüm 15.
2- Weber, Manning, White, Weygand; "College Physics", McGraw-Hill Inc..
3- D. Halliday-R. Resnick, "Physics", John Wiley and Sons Inc..

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

16,9
12,6

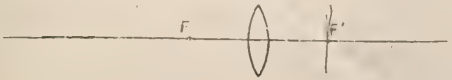
TFD- 10 MERCEKLER

1,7

KESİM I Yakınsak Merceğin Odak Uzaklığı

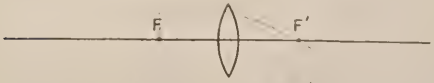
VERİLER VE VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

f odak uzaklığının bulunmasında kullanılan "uzak cisim" yönteminin bir ışın çizeneğini çiziniz.



Odak uzaklığı: f= 11,2 36,0

f odak uzaklığının bulunmasında kullanılan "kendiliğinden paralelleştirme" yönteminin bir ışın çizeneğini çiziniz.



Odak uzaklığı: f= 10,4 33,5

KESİM II Mercek Formülü

VERİLER

Cismin Boyu: h=

Cismin Uzaklığı s (cm)	Görüntünün Uzaklığı s' (cm)	Görüntünün Boyu h' (cm)	Büyütme m=s'/s	h'/h	1/s (cm^{-1})	1/s' (cm^{-1})
112,0	11,6	0,6				
90,4	11,1	0,5				
79,0	11,2	0,6				
63,9	12,6	0,7				
42,7	12,8	1,1				

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Yukarıdaki çizelgeyi tamamlayınız. Grafik kağıdına s'ye karşı s'nün değerlerini işaretleyiniz ve noktalardan yumuşak bir eğri geçiriniz.

Başka bir grafik kağıdına, 1/s'ye karşı 1/s' değerlerini işaretleyiniz. ve noktalardan bir doğru geçiriniz. Doğrunun x ve y eksenleri ile kesim noktalarını bulunuz.

Doğrunun x ekseni ile kesim noktası: X=

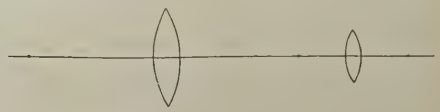
Doğrunun y ekseni ile kesim noktası: Y=

f=1/X= =1/Y=

KESİM III Kırıcı Teleskop

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Kırıcı teleskobun bir ışın çizeneğini çiziniz. Cismin sonsuz da olduğunu varsayınız.



KESİM I İLE İLGİLİ SORULAR

1. a) "Uzak cisim" yöntemindeki görüntü gerçek mi yoksa görünür (sanal) müdür?
   b) Bu görüntü ters mi yoksa düz müdür?
2. "Kendiliğinden paralelleştirme" yöntemi aynanın bulunduğu yere bağlımıdır?
3. Deneyin bu bölümünde elde edilen iki f odak uzaklığından hangisinin daha doğru olduğunu düşünüyorsunuz?

KESİM II İLE İLGİLİ SORULAR

1. a) s' sonsuza yaklaşırken, s hangi değere yaklaşır?
   b) s sonsuza yaklaşırken, s' hangi değere yaklaşır?
2. Çizdiğiniz grafikte, s ile s' nün yer değiştirmesi sonucu etkiler mi?

KESİM III İLE İLGİLİ SORULAR

1. Teleskoptaki görüntü gerçek mi yoksa görünür (sanal) müdür?
2. Göz burada hangi görevi yapmaktadır? Bir ışın çizeneği çiziniz.

TFD 11 GİRİŞİM VE KIRINIM

AMAÇLAR

1- Tek, iki ve çok yarıkta girişim desenlerini incelemek.
2- Kırınım ağı kullanarak neon spektrumunun belirgin çizgilerinin dalga boylarını ölçmek.

ARAÇLAR

Üzerinde çeşitli sayıda ince yarık bulunan filmler,
Kırmızı ya da mavi süzücü (filtre),
Kırınım ağı,
1 metre uzunluğunda cetvel,
Genişliği ayarlanabilir yarık,
Neon ve helyum boşalma (deşarj) tüpleri ve güç kaynakları.

GİRİŞ

Farklı iki kaynağın yaydığı iki dalganın uzayda belli bir bölgede etkin olduğunu düşünelim. Üst üste binme (süper pozisyon) ilkesi, bu bölgede her noktadaki toplam etkinin, iki dalganın ayrı ayrı oluşturdukları etkilerin cebirsel toplamına eşit olduğunu söyler. Seçtiğimiz noktada gözönüne aldığımız iki dalgadan birinin bir tepe noktasının (pozitif yönde en büyük genlik), diğerininse ters tepe noktasının (negatif yönde en büyük genlik) bulunduğunu varsayalım. Üst üste binme ilkesine göre bu noktada gözleyeceğimiz toplam etkinin sıfır olma olasılığı vardır. Dalga hareketine özgü ilginç bir özellik olan bu olaya yıkıcı girişim denir. Bu deneyde gözleyeceğimiz gibi, Işık yıkıcı girişim yapabildiğinden dalga özelliğinde olmalıdır. Benzer biçimde, iki dalganın tepe noktaları (ya da ters tepe noktaları) bir noktada etkinse, bu noktadaki toplam şiddet, dalgaların ayrı ayrı oluşturdukları şiddetten büyüktür. Bu olaya da yapıcı girişim denir.

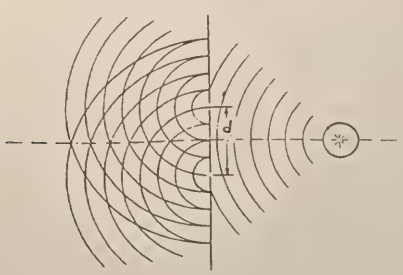
Dalga hareketinin bir başka özelliği de, dalganın dar bir yarıktan geçtikten sonra genişleyerek yayılma eğilimidir. Bu olaya kırınım (difraksiyon) denir. Buna bir örnek olarak ses dalgalarını verebiliriz. Aralık bir kapı ya da pencereden görüş açımızda olmayan bir hoperlörün sesini duymamızın nedeni, ses dalgalarının söz konusu aralıkta kırınıma uğramasıdır. Işığın ise genellikle doğru çizgiler boyunca yayıldığını düşünürüz. Bu düşünce ile, çok

ince bir yarığın tek renkli bir ışık ile aydınlatılması durumunda, yarığın arkasına konulan bir perdede, yarığın basit geometrik görüntüsünün oluşmasını bekleriz. Oysa gerçekte perdede elde edilen, ince yarığın, karanlık ve aydınlık saçaklardan oluşan kırınım desenidir.

Bu deneyde, ışığın dalga özelliğini ve bu özellikten yararlanarak, tek renkli bir ışığın dalgaboyunun nasıl ölçülebileceğini inceleyeceksiniz.

KESİM 1 İnce Yarıklarda Oluşan Girişim ve Kırınım

Bir ince yarık çiftinin, dalgaboyu λ olan noktasal tek renkli bir ışık kaynağı ile aydınlatıldığını düşünelim. Yarıkların her birinin genişlikleri λ 'dan çok küçükse (uygulamada bu koşulu sağlamak çok güçtür, çünkü deneyi yapacağımız görünür bölgede ışığın dalgaboyu 400–800 nanometre= 10^{-9}m dir), ışık gözönüne aldığımız yarıkların herbirinden geçtikten sonra, bütün doğrultulara eş şiddetli (uniform) olarak yayılır. Böylece her ince yarık çizgisel birer ışık kaynağı gibi davranmış olur.



Şekil 11.1 İki ince yarıktan yayılan dalgaların girişimi

Bunun da ötesinde, bu yeni iki çizgisel ışık kaynağı, aynı ışık kaynağı yardımı ile oluştuğundan, elde ettiğimiz iki ışık dalgasının titreşimleri uyum içindedir. Bir başka deyişle her iki yarıkta da maksimum ve minimum değişimler eş zamanlıdır. Yani bu iki kaynak bağdaşımlıdır.

Yukarıdaki düşüncelerle, iki ince yarığa aynı anlı titreşerek dalga oluşturan iki ışık kaynağı olarak bakabiliriz. Bu iki kaynağın oluşturduğu dalga yüzeyleri çembersel çizgiler olarak Şekil 11.1'de gösterilmiştir. Çizgilerin dalgaların tepe noktalarını, iki çembersel çizginin arasında kalan bölgelerin orta noktalarının da ters tepe noktalarını gösterdiğini varsayalım. Yarıklardan belli bir uzaklığa konulan perdede girişim saçaklarının nasıl oluşacağını bu şekle bakarak anlayabiliriz. Dalgalardan birinin tepe noktası, ötekisinin tepe noktası ile çakıştığında (ya da iki dalganın ters tepe noktaları çakıştığında), iki dalga yapıcı olarak birleşirler ve aydınlık bir saçak oluşur. Bunun tersi olarak bir tepe noktası ile bir ters tepe noktası üst üste gelmişse birbirlerinin etkilerini yok ederler ve karanlık bir saçak oluşur. Böylece, aldığımız ikili ince yarığın arkasına yerleştirdiğimiz bir perde üzerinde, iki dalganın yapıcı ve yıkıcı girişim oluşturduğu yerlerde ard arda aydınlık ve karanlık saçaklar gözlenir. Şekil 11.1'i inceleyerek girişim deseninin, ortasında bir aydınlık saçak ile, bunun çevresinde birbirlerinden eşit Δx uzaklığındaki saçaklardan oluşacağını kestirebiliriz. İyi bir matematiksel yaklaşımla saçaklar arası uzaklık (iki aydınlık ya da iki karanlık saçak arası)

$$\Delta x = \frac{\lambda}{d} D \qquad (1)$$

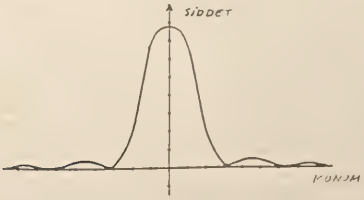
bağıntısı ile verilir. Burada d iki ince yarık arasındaki, D ise ince yarık çifti ile perde arasındaki uzaklıktır.

YAPILACAK İŞLER.

Size verilen ve üzerlerinde çeşitli sayıda ince yarık bulunan çerçevelenmiş filmleri inceleyiniz. İkili ince yarıktan başlayarak üçlü, dörtlü, beşli ve altılı ince yarığın girişim desenini gözleyiniz. Bunun için, ince yarıkların bulunduğu filmleri ikili yarıktan başlayarak sıra ile gözönüne yakın bir şekilde tutunuz ve bir ışık kaynağına bakınız. Işık kaynağını tek renkli yapmak için kırmızı veya mavi süzücü (filtre) kullanınız. Gözlediğiniz aydınlık ve karanlık çizgilerden oluşan desenleri bütün ayrıntılarına dikkat ederek sıra ile rapor kağıdınıza çiziniz.

İkili ince yarıkta gözlediğiniz desenin, girişimin yukarıdaki nitel tartışmasından beklediğimiz desene tam olarak uymadığına dikkat ediniz. Bu fark iki ince yarığın ayrı ayrı oluşturduğu kırınımdan ileri gelmektedir. İnce tek yarığın genişliği, kullandığımız ışığın dalgaboyu yanında çok küçük

kalıyorsa, yarığın kenarları arasındaki her nokta ayrı bir ışık dalgası kaynağı olarak değerlendirilmelidir. Gözönüne aldığımız ince yarığın içerdiği bu "sonsuz" sayıdaki ışık kaynağı, Şekil 11.2'de verilen, kendine özgü girişim desenini oluşturur. Bu durumda, saçaklar arası uzaklığı veren



Şekil 11.2 Tek Yarıkta Kırınım Deseni

bağıntı, doğal olarak, ince yarığın s genişliğini içerir. İki komşu karanlık saçak arasındaki uzaklık (ortadaki aydınlık saçağın iki yanında oluşan karanlık saçaklar arasındaki uzaklık dışında)

$$\Delta x = \frac{\lambda}{s} D \qquad (2)$$

eşitliği ile verilir. Ortadaki aydınlık saçağın iki yanında oluşan karanlık saçaklar arasındaki uzaklık (orta aydınlık saçağın genişliği) ise Δx'in iki katına eşittir.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Tek ince yarıkta kırınım deseninin inceleyiniz ve gözlediğiniz deseni bütün ayrıntılara dikkat ederek çiziniz. Birden çok ince yarık içeren filmlerle elde ettiğiniz girişim desenlerini bir kez daha inceleyiniz ve kırınım olayının bu desenlerdeki etkisini belirtmeye çalışınız.

KESİM II Kırınım Ağı

Üzerinde birbirine çok yakın, çok sayıda ince yarık bulunan bir filme kırınım ağı denir. Kesim 1'de ince yarık sayısı arttıkça aydınlık saçakların daha belirginleştiğine (daha dar fakat daha parlak olduklarına) dikkat etmişsinizdir. Çok sayıda ince yarıktan oluşan kırınım ağında bu özellik daha da artar ve çok keskin aydınlık saçaklar oluşur. Bu durumda aydınlık saçakların

$$\sin\theta = n\frac{\lambda}{d} \quad (n = 0,1,2,3, \ldots\ldots\ldots) \qquad (3)$$

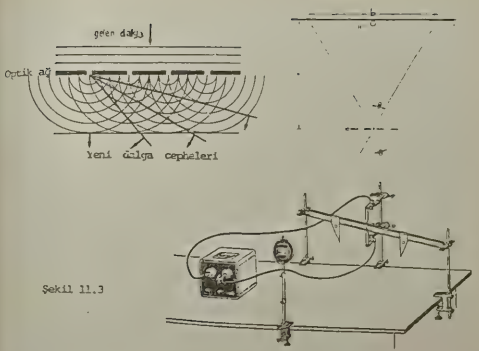
bağıntısını sağladığı gösterilebilir. Burada θ açısı, n'inci basamakla orta aydınlık saçağın açısal konumunu belirtir (Şekil 11.3). d ise bitişik iki yarık arasındaki uzaklıktır. Kırınım ağları genellikle birim uzaklıkta bulunan ince yarık sayısı ile tanımlanır. Dolayısıyla bu sayının tersi olarak d bulunur.

YAPILACAK İŞLER

Deneyin bu bölümünde kırınım ağı kullanarak, neon deşarj tübünün spekturumunda gözlenen bazı belirgin çizgilerin dalga boylarını ölçeceksiniz.

Genişliği ayarlanabilen yarığı, verilen tahta metrenin ortasına yerleştiriniz ve kırınım ağını bu yarıktan 2 metre uzağa tutturunuz (Şekil 11.3). Kırınım ağı ile ayarlanabilir yarık arasındaki a uzaklığını ölçünüz.

Kırınım ağı için, birim uzunluğu başına ince yarık sayısının verilen değeri yaklaşıktır. Dolayısıyle ilk olarak kırınım ağı kalibre edilmelidir. Bu kalibrasyon helium spekturumunun son çizgisinin bilinen dalgaboyu kullanılarak yapılacaktır. Helium tübünü ayarlanabilir yarığın arkasına koyunuz ve tübü çalıştırınız. Şekil 11.3'de gösterildiği gibi, kırınım ağından helium tübünün oluşturduğu deseni gözleyiniz ve birinci basamak son çizgilerin arasındaki b uzaklığını ölçünüz. Bu ölçüyü yapmak için, tahta metrenin ölçeğini görebilmeniz gerekir. Metrenin ölçeğini görmek için, tahta metreyi önden bir ışıkla aydınlatmanız gerekebilir.



Şekil 11.3

Bu işlemden sonra helium tübünü neon tübü ile değiştiriniz ve spektrumda gözlediğiniz her belirgin çizgiye karşılık gelen dalga boyu değerlerini çözünüz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

(3) eşitliğini

$$d = \frac{n\lambda}{\sin\theta} \qquad (4)$$

olarak yazabiliriz. Bu bağıntıda helium tübünün sarı çizgisi için λ =587,6 nm ve sin θ içinde Şekil 11.3'deki üçgenden elde edilen değeri kullanarak, kırınım ağının d değerini hesaplayınız. Sin θ'nın değeri sözkonusu üçgene göre

$$\sin\theta = \frac{\frac{1}{2}b}{\sqrt{a^2 + (1/2b)^2}} \qquad (5)$$

dir. Bulduğunuz d değerini kullanarak, neon deşarj tübünün spekturumundaki belirtgin çizgilerinin herbirinin dalgaboyunu hesaplayınız. Ölçtüğünüz değerleri kaynaklarda verilenlerle karşılaştırınız.

KAYNAKLAR

1- PSSC Fiziği,

2- Sears, Zemanshy, Young, "University Physics" Addison-Wesley Publishing Co.

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD 11 IŞIĞIN GİRİŞİMİ VE KIRINIMI

KESİM I Değişik Sayıdaki Yarıklarda Girişim ve Kırınım

VERİLER VE VERİLERİN ANALİZİ

Değişik sayıdaki ince yarıklar için girişim desenlerini aşağıya çiziniz. Bu desenlerdeki kırınım etkilerini belirtiniz.

Tek Yarık

İkili (Çift) Yarık

Üçlü Yarık

Dörtlü Yarık

Beşli Yarık

Altılı Yarık

KESİM II Kırınım Ağı

VERİLER

a uzunluğu= cm

Helium Tübü Verileri

a uzunluğu= cm

λ dalgaboyu= 587,6 nm

Neon Tüpü Verileri

Çizgi No	Renk	b Uzunluğu (~~m~~) cm	$\frac{1}{2}b$ (cm)	$\sin\theta = \frac{\frac{1}{2}b}{\sqrt{a^2 + (\frac{1}{2}b)^2}}$	$\lambda = d\sin\theta$ (nm)
1	Sarı	23			
2					
3					
4					
5					
6					
7					

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Helium tübü verilerinden, aşağıdaki hesapları tamamlayarak, yarıklar arasındaki d uzaklığını bulunuz.

Önce (5) denkleminden Sin θ 'yı hesaplayınız.

$$\sin\theta = \frac{\frac{1}{2}b}{\sqrt{a^2 + (\frac{1}{2}b)^2}}$$

Sonra (4) denkleminden d 'yi hesaplayınız.

$$d = n(\frac{\lambda}{\sin\theta}) = 1 \times \frac{587{,}6 \times 10^{-7}}{\sin\theta} = \quad cm$$

d'nin bu değerini kullanarak, neon tübü ile ilgili çizelgeyi tamamlayınız.

KESİM I İLE İLGİLİ SORULAR

1- Yarıkların sayısı artarsa ne olur? Açıkça anlatınız.

2- Çift yarıkta elde ettiğiniz deseni dikkatle inceleyiniz. (1) ve (2) denklemlerinden yararlanarak, kullandığımız filmdeki yarıklar arasındaki uzaklıkla, yarıkların genişliğini karşılaştırınız ve hangisinin daha büyük olduğunu saptayınız.

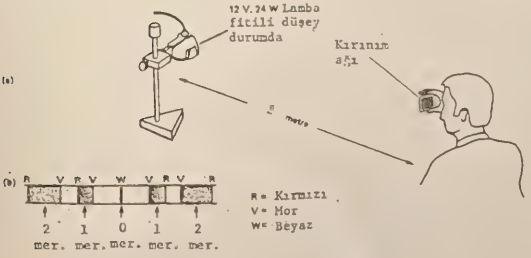
3- Kırınım olayına, günlük yaşamda karşılaştığınız bir örnek veriniz.

KESİM II İLE İLGİLİ SORULAR

1- Spektrumun hangi ucu (kırmızı ya da mor), perde üzerinde, ortaya göre en büyük kaymaya uğramıştır?

2- Kırınım ağının birim uzunluğundaki çizgi sayısı iki katına çıkarsa, Sodyumun sarı çizgisinin, birinci basamak kırınım çizgileri arasındaki b uzunluğu ne olur?

3- (3) denklemindeki n sayısının anlamı nedir?



TFD- 12 ELEKTROLİZ

AMAÇLAR

1- Bir elektroliz hücresi kullanarak bakırın elektro-kimyasal eşdeğerinin bulunmasını öğrenmek.

2- Faraday kanunlarını öğrenmek ve Faradey sabitini deney sonuçlarından hesaplamak.

3- Sıvı içinde elektrik akımının iletilmesini öğrenmek.

ARAÇLAR

Elektroliz kabı
Bakır elektrotlar
Bakır sülfat çözeltisi
Ampermetre
Akım kaynağı
Terazi (miligram duyarlıklı)
Kronometre

GİRİŞ

Bütün bileşikler, sulu çözeltilerinin elektrik akımını iletip, iletmemelerine göre iki temel gruba ayrılabilir. Hiydroklorik asit, sodyum hidroksit ve sofra tuzu gibi bazı maddelerin sulu çözeltileri elektriği iletir.

Böyle maddeler ister asit, baz yada tuz olsun elektrolit olarak adlandırılır. Diğer taraftan (özellikle organik bileşikler) şeker ve üre gibi bileşiklerin sulu çözeltileri elektrik akımı için çok kötü iletkendirler, bunlara da elektrolit olmayan maddeler denir.

Bir elektrolitle bir doğru akımın iletilmesi elektrotlarda bazı kimyasal değişmeler yapar. Birçok durumda da elektrolitin ayrışması ile birlikte iki değişim birlikte gerçekleşir. Bu oluşum sırasında, hydrogen veya bir metal negatif elektrotta (katot) ve metal olmıyan bir madde de pozitif elektrotta (anot) serbest kalır. Bir çözeltiden elektrik akımı geçirilmesine ve buna eşlik eden kimyasal değişmelere elektroliz denir.

Metaller elektrik akımını içlerinde bulunan serbest elektronların hareketiyle iletirken, elektrolitler içlerindeki iyonların hareketleriyle iletirler.

Bakır sülfatın ($CuSO_4$) sulu bir çözeltisine batırılmış iki bakır elektrot düşününüz. Çözelti içinde eşit sayıda Cu^{++} ve SO_4^{--} iyonları vardır. Eğer elektrotlar arasına bir potansiyel farkı uygulanırsa pozitif iyonlar katoda doğru (katyonlar), negatif iyonlar da anoda doğru (anyonlar) hareket ederler. Şekil 12.1 Cu^{++} iyonları katoda ulaşınca her biri iki elektron alıp nötr bakır atomu haline gelerek, katot üzerinde toplanırlar. SO_4^{--} iyonlarının herbiri fazla iki elektronlarını anotta terkederek bakır atomlarıyla birleşerek $CuSO_4$ molekülü oluşturup çözelti içine geçeceklerdir. Elektrolizin iyonlaşma işleminin bu şekilde açıklanması ilk olarak Arrhenius tarafından 1887'de ileri sürülmüştür ve bugünde hala geçerliğini korumaktadır. Fakat çok daha önce 1832 yılında İngiliz bilim adamı Michael Faraday deneysel sonuçlara dayanarak elektrolizi açıklıyan temel iki kanunu keşfetti. Bunlar sırasiyle şunlardır.

1- Bir elektrotta toplanan madde miktarı çözeltiden geçen elektrik yüküyle doğru orantılıdır.

2- Devreden belirli bir yük miktarının geçmesiyle, katotta açığa çıkan elementin kütlesi, doğrudan elementin kimyasal eşdeğeri ile orantılıdır.

Elektrolizde Arrhenius teoremi ve Faraday kanunları arasındaki paralelliği görmek için sadece bakır sülfat çözeltisinde katotta bakırın toplanmasını incelemek yeterlidir.

M katotta toplanan bakırın kütlesini, Q çözeltiden geçen toplam yükü, m her bir bakır atomunun kütlesini q da her bir bakır iyonunun taşıdığı

yükü göstermek üzere bir elektroliz hücresinde Arrhenius teoremine göre

$$\frac{M}{Q} = \frac{m}{q} \qquad (1)$$

olacağı açıktır. Bir atomun m kütlesi, kütle numarası (atom ağırlığı) A'nın, Avagadro sayısı N_0'a oranına eşittir. Her iyonunun taşıdığı q yükü, kimyasal birleşme değerliliği v (bakır için 2 dir) ile elektron yükü e'nin çarpımına eşittir. Buna göre denklem

$$M = \frac{1^{h}}{N_0 e} \cdot \left(\frac{A}{V}\right) \cdot Q = KIt \ldots\ldots\ldots \qquad (2)$$

şeklinde yazılabilir. Burada

$\frac{A}{V}$; elementin kimyasal eşdeğeri,

$N_0 e$; Faraday sabiti

$\frac{1}{N_0 e}\left(\frac{A}{V}\right) = K$; elementin elektrokimyasal eşdeğeri

I ; çözeltiden geçen akım

t ; akımın geçme zamanı dır.

Görülüyor ki, Denklem 2 Faraday kanunlarını tam olarak ifade etmektedir.

Bu deneyde M, I ve t'yi doğrudan ölçerek bakırın elektrokimyasal eşdeğeri K'yı bulacaksınız. Sonra da Cu için geçerli olan A ve değerlerini kullanarak Faraday sabitini hesaplayacaksınız.

YAPILACAK İŞLER

Bu deney için gerekli devre Şekil 12.2'de gösterilmektedir. Bu deneyde dikkat edilecek birçok tedbirler vardır. Çözeltinin dökülüp etrafa zarar vermemesine dikkat ediniz. Deney bitirildiğinde, elektrolitler hemen akan suyla yıkanmalıdır. Elektrotlar birbirlerinden 2 cm civarında bir uzaklıkta olmalıdır. Heriki yüzeyini de hesaba katarak katodun alanını ölçünüz (ortadaki elektrot) ve uygulanacak uygun akım yaklaşık 20 mA/cm^2 olacak şekilde hesaplayınız. Uygun akım değerini ayarlamak için

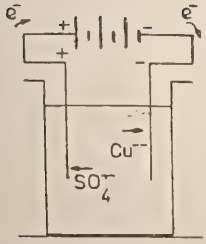
kısa bir deneme yapınız. Bu deney için katod temiz ve pasından arındırılmış olmalıdır. Eğer gerekirse, küçük bir zımpara kağıdı ile temizlenmelidir. Kısa denemeden sonra katod akar suyla dikkatlice yıkanmalı ve düşünerek yüzeyinden parçalar kopmasına neden olmaktan ve yüzeyinin bozulmasından kaçınılmalıdır. Üzerinde hiçbir nem işareti kalmayıncaya kadar bir saç kurutma ısıtıcısı ile kurutunuz. Sonra bakır levhayı terazide tartınız, tartma işlemini mümkün olduğu kadar duyarlı yapınız. Tartının duyarlığı terazinin duyarlığı kadar olmalıdır.

Katodu tutturucusu ile elektroliz kabına yerleştiriniz ve hemen devreye akım veriniz. Akım seçilen değerde sabit olmalıdır. 30 dakika çalıştırılması (başlatma ile durdurma anları arasındaki zaman) ilk deneme için yeterlidir. Katodu alıp daha önceki gibi yıkayınız, bu sırada toplanan maddeden kopmaların olmamasına dikkat ediniz. Katodu kurutup tartarak toplanan Cu miktarını bulunuz. Kütle, akım ve zaman değerlerini kullanarak bakırın elektrokimyasal eşdeğerini bulunuz. Daha sonra bakır için atom ağırlığını 63.57 ve kimyasal değerliliğini 2 alarak Faraday sabitini Coulomb biriminde bulunuz, varsa deneyi tekrarlayınız. M=f(Q) grafiğini çizerek, Faraday yasasını inceleyiniz.

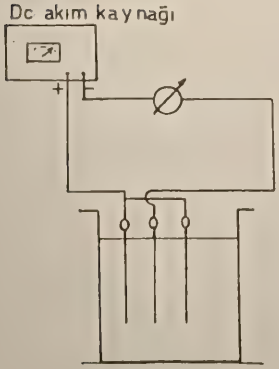
KAYNAKLAR

1- Ziya Güner, Ferit Pehlivan, "Fizik Deney Kılavuzu" Ankara Üniversitesi, Tıp Fakültesi Yayınlarından (1975).

2- H. Sisler, Vander Werf, Davidson, "College Chemistry" The Macmillan Company.



Şekil 12.1



Şekil 12.2

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD 12 ELEKTROLİZ

VERİLER

Faraday Kanununun İncelenmesi

Katodun Başlangıç Kütlesi M_1(gr)	Katodun Son Kütlesi M_2(gr)	Katotta Top. Madde Mik. M(gr)	Devreden Geçen Akım I(amp)	t(s)	Q(Coulomb)

K=

$N_o e$= Faraday sabiti

SORULAR

1- Sizce bu deneyde hata kaynakları neler olabilir?

2- Bu Coulombmetreyi (yük ölçeri) bir ampermetreyi ayarlamak için nasıl kullanırız?

3- İki yük ölçeri seri bağladığınızı düşününüz. Birincisi bu deneyde kullanıldığı gibi bir bakır yük ölçeri ve ikincisi elektrolit olarak $AgNO_3$ kullanılan bir gümüş yük ölçeri olsun. Gümüşün atom ağırlığı 107.88 gr/mol. ve akımın da 2 amp. olup 30 dakika geçirildiğini kabul edersek. Hangi yük ölçerde daha çok madde toplanır. Toplanan madde miktarları arasındaki fark nekadardır?

4- Bu deneydeki sonuçları kullanarak bir bakır iyonu kütlesinin yüküne oranını bulunuz.

TFD- 13 ELEKTROKİMYASAL PİLLER

AMAÇLAR

1- Elektrokimyasal pillerin çalışma prensiblerinin öğrenilmesi,
2- Volta pili (voltaic cell)nin incelenmesi,
3- Kurşunlu akünün yapısının ve çalışmasının öğrenilmesi.

ARAÇLAR

Voltaic Pil İçin:
Cam pil hücre düzeneği
DC voltmetre
DC ampermetre
$CuSO_4$, $ZnSO_4$, K_2SO_4 çözeltisi
Soketli elektrik lambası
Bağlantı kabloları
Zımpara kağıdı

Kurşunlu Akümülatör İçin:
Cam akümülatör düzeneği
DC voltmetre
DC ampermetre
Küçük lamba
Seyreltik sülfürük asit (H_2SO_4)
Bağlantı kabloları
Zımpara kağıdı

GİRİŞ

Kimyasal reaksiyonlarla elektrik üretimini incelemeden önce metallerin aktifliğini tanımlayalım.

Metaller elektron kaybetme eğilimlerine göre başka bir deyişle çözeltilere konulduklarında çözeltide bulunan diğer iyonlar vasıtasıyle yükseltgenmelerine göre sıralanmalarına metallerin aktifliği denir. Çokça karşılaştığımız birkaç metalin aktifliği (çok aktiften az aktife doğru) şöyle sıralanır; K, Ca, Mg, Al, Zn, Fe, Cu, Hg, Au.

İki metalin aktifliklerini karşılaştırmak isterseniz bunlardan birini, diğerinin bir iyon çözeltisine batırırsınız. Örnek olarak çinko ve bakırın aktifliklerinin karşılaştırılmasını inceliyelim.

Şekil 13.1

Çinko şeridi Cu^{2+} çözeltisine batırırsanız, çinkonun üzeri bakırla kaplanır ve bakır iyonlarıyla çinko atomları yer değiştirir. Buradan çinko atomlarının elektron kaybetme eğilimlerinin, bakır atomlarınınkinden daha fazla olduğu anlaşılır.

Bunun tersi olan reaksiyon gözlenemez. Eğer bir bakır şeridi bir çinko sülfat çözeltisine batırırsanız herhangi bir reaksiyon gözlenmez. Şekil 13.1'de incelenen reaksiyon kendiliğinden gerçekleşen bir reaksiyondur. Metalik bakır, çinko levha üzerine kaplanırken, çinko yavaş yavaş çözünür ve ısı enerjisi açığa çıkar. Reaksiyon

$$Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu$$

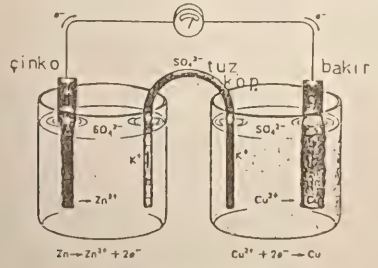
olarak formüle edilebilir, fakat gerçekte reaksiyon çinko atomlarıyla bakır iyonları arasında olmaktadır.

$$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$$

Bu olay elektriksel olarak nötrdür. Bakır iyonları ile çinko atomları birbirlerine doğrudan temas ettikleri için elektronlar doğrudan atomlardan iyonlara geçerler ve bir elektron akımı dedekte edilemez. Çinko ile bakır sülfat çözeltisi birbirlerine doğrudan temas etmiyorken yukarda açıklanan reaksiyonu gerçekleştirmek için, çinko atomlarından bakır iyonlarına elektronların geçmesi ve çözeltinin nötr kalması için

pozitif ve negatif iyonların difuzyonunun sağlanması gerekir.

İyonların difuzyonunu sağlamak için birçok yontem kullanılır. Laboratuvarlarda kullanılan yaygın bir metodu şöyle açıklayabiliriz. Çinko sülfat gibi bir çinko tuzunun çözeltisi içine bir çinko levhası, bir bakır sülfat çözeltisi içine de bir bakır levhası batırılır. İki çözelti Şekil 13.2 de gösterildiği gibi birbirlerine bir tuz köprüsü ile bağlanır. Tuz köprüsü işlemler sırasında kimyasal olarak değişmiyen bir elektrolitik çözelti ile doldurulur. Potasyum sülfat (K^+, K^+, SO_4^{2-}) çözeltisi bu amaç için uygundur. Bu iş için NaCl, KCl ve KNO_3 gibi tuzların sulu çözeltileride uygundur.



Şekil 13.2 Tipik Bir Voltaic Pil Düzeği

Reaksiyon Şekil 13.2'de görüldüğü gibi

$$Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu$$

şeklinde gelişir. Aktif maddelerden biri, yani ya çinko atomları ya da bakır iyonları tükeninceye kadar devam eder. Çinko dan ayrılan iletkenlik elektronları iletken tele girerken Zn^{2+} iyonları da çözeltiye geçer ve çinko levhadan uzaklaşacak şekilde difuzyona uğrarlar.

$$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$$

Negatif iyonlarda tuz köprüsünden çinko levhaya doğru difüzyona uğrayacaklardır. Zamanla çinko levha incelecektir.

Çinko atomlarından ayrılan elektronlar iletken tele geçerek telin diğer ucunda bulunan bakır elektrot üzerinde toplanırlar. Bu elektronlar bakır iyonlarıyla etkileşerek onların bakır atomu haline indirgenip elektrot üzerinde bakır tabakası oluşturmalarını sağlarlar.

$$Cu^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Cu$$

Zamanla metalik bakır elektrot kalınlaşacak ve bakır sülfat çözeltisinin mavi rengi bozulacaktır. Geride kalan SO_4^{2-} iyonları bakır elektrottan uzaklaşacak şekilde difuzyona uğruyacaklardır. Böylece reaksiyon sırasında negatif iyonların tümü çinko levhaya doğru, pozitif iyonlarının tümü de bakır elektroda doğru hareket ederler. Çözelti içinde iyonların yolları iç devre, iletken telde elektronların yolları da dış devre olarak düşünülebilir. Malesef, iç devre aynı zamanda bakır iyonlarının çinko atomlarına difuzyonla ulaşmak için bir yolda oluşturur. Bu nedenle zamanla, reaksiyon tamamlanır (ve batarya biter). Dış devre kapalı olmasada zamanla bu durum gerçekleşir.

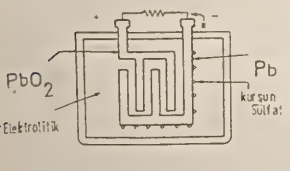
Elektronların akması nedeniyle dış devrede sürekli bir elektrik akımı oluşturmak için çinko ile bakır sülfat arasındaki reaksiyon kullanılabilir. Bu iki aktif madde doğrudan temas ettiklerinde (Şekil 13.1) açığa çıkan ısı enerjisinin büyük kısmı bu durumda elektrik enerjisine dönüşür. Şekil 13.2'deki düzenek bir batarya yada volta pili (voltaic cell) olarak tanımlanır. Bu tip pillere "birincil pil" adıda verilmektedir. Çinko plaka, elektron ürettiği için negatif elektrot bakır levha da elektronları topladığı için pozitif elektrodu oluşturur. Çinko, çinkosülfat, bakır ve bakır sülfat dan oluşmuş bir batarya onu keşfeden ilim adamının adıyla "Daniell pili" olarak bilinir. Daniell pilinin gerilimi, konsantrasyona bağlı olarak yaklaşık 1.1 V'dur.

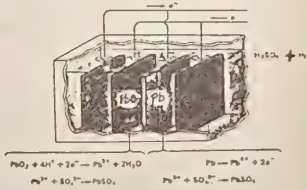
KURŞUNLU AKÜMÜLATÖR

Kimyasal reaksiyonla elektrik enerjisi üretmede bilinen bir örnek de motorlu araçlarda kullanılan kurşunlu akümülatörlerdir (lead storage battery). Herhangi bir bataryanın boşalması sırasında kendiliğinden olan reaksiyonlar ve etkileşmeler volta pilindeki gibidir. Eğer bir batarya tekrar doldurulabiliyorsa, doldurma sırasında aktif elemanlar elektrolizle başlangıç durumlarına getirilirler. Bu tip bataryalara "ikincil pil" adıda verilmektedir.

Bir otomobil akümülatörü bir ikincil pildir yani boşaldığında yeniden doldurulabilinir. Böyle bir batarya da elektrolit olarak sülfürik asitin sulu çözeltisi Elektrot olarak da süngerimsi kurşun ve kurşun oksit plakaları kullanılır Şekil 13.3.

Akümülatör akım sağladığında, kurşun plaka Pb negatif kutbu, kurşun oksit plaka PbO_2 pozitif kutbu oluşturur. Bu durumda aşağıdaki reaksiyonlar gerçekleşir.





Şekil 13.3 Kurşunlu Akümülatörün Şematik Gösterimi

Negatif Kutupta

$$Pb \rightarrow Pb^{2+} + 2e^- \quad \text{(yükseltgenme)}$$

$$Pb^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 \downarrow$$

Pozitif Kutupta

$$PbO_2 + 4H^+ + 2e \rightarrow Pb^{2+} + 2H_2O \quad \text{(indirgenme)}$$

$$Pb^{2} + SO_2^{2-} \rightarrow PbSO_4 \downarrow$$

Bataryadan akım geçerken oluşan tüm reaksiyon,

$$Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$$

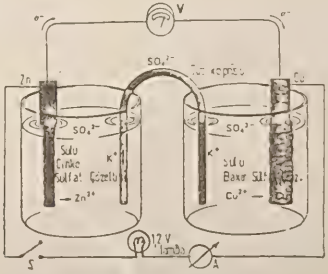
şeklinde yazılır. Kurşun sülfatın iki elektrotta da oluştuğuna dikkat edin. Reaksiyon sonucunda meydana gelen kurşun sülfat çözelti içinde çözünmediğinden elektrotlar üzerinde bir tabaka oluşturur. Seyreltik sülfürik asidin öz kütlesi başlangıçtaki sülfürik asidin öz kütlesinden daha küçük olduğundan, elektrolitin öz kütlesi bataryanın boşalmasının tabii bir ölçüsüdür. Batarya dolarken, elektronlar bataryadan ters yönde geçmeye zorlanırlar. Diğer bir deyişle yukarda açıklanan tüm kimyasal reaksiyonlar tersine çevrilir. Kurşun sülfat ve su tekrardan kurşun, kurşun dioksit ve sülfürük aside dönüştürülür.

$$Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \underset{\text{doğma}}{\overset{\text{boşalma}}{\rightleftharpoons}} 2PbSO_4 + 2H_2O$$

Batarya tam dolduğunda tek bir kurşunlu akümlatör hücresinin devreden akım çekmezken elektrotlar arasındaki potansiyel farkı (emk) 2.1 volttur. Altı hücresi olan bir otomobil bataryasının kutupları arasındaki potansiyel farkı 12 volttur.

YAPILACAK İŞLER

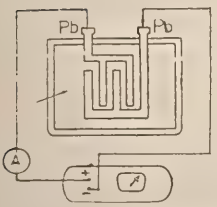
KESİM 1 Daniell Pili



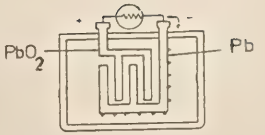
Şekil 13.4 Daniell Pili Düzeneği

Şekil 13.4'de görülen Daniell pili düzeneğini konsantrasyonları 1 M olan çözeltilerle kurun. S anahtarı açıkken voltmetrenin gösterdiği değeri okuyun. Daha sonra S anahtarını kapatarak ampermetrenin ve voltmetrenin okuduğu değerleri rapor kağıdına kaydedin. Aynı ölçmeleri her bir hücrede iki plakalı elektrot varken tekrarlayın. Bu ölçmeleri tamamladıktan sonra ölçmelerinizi konsantrasyonu 0.1 M olan çözeltilerle tekrarlayın. İki çözelti kabını birleştiren tuz köprüsüne paralel ikinci bir tuz köprüsünü devreye soktuğunuzda ampermetre de ne gibi bir değişiklik oluyor? Ölçü sonuçlarını kaydedin. Çözeltiler arasındaki tuz köprülerini kaldırın voltmetre ve ampermetre de okuduğunuz değerleri kaydedin. Ölçüler tamamlanınca elektrotları çözeltiden çıkarıp yıkayın ve inceleyin.

KESİM II Kurşunlu Akümülatör



a) Akümülötürün doldurulması



b) Akümülatörün dış devreye akım vermesi

Şekil 13.5

Önce Şekil 13.5a 'daki düzeneği kurunuz. Hazırlanan seyreltik H_2SO_4 çözeltisinin öz kütlesini 1.18 g/cm^3 olmalıdır. Areometre ile öz kütleyi ölçerek kontrol edin. Devreye akım vermeden önce kurşun elektrotların temiz olup olmadıklarını kontrol edin. Gerekiyorsa zımpara kağıdıyla yüzeyleri temizleyip damıtık suyla yıkayın. Devreden 0.6 amperlik bir akımı 20 dakika kadar geçirerek akümlatörü doldurun. Bu işlemden sonra bataryanız dışarıya akım vermeğe hazır hale gelmiştir. Şekil 13.5b'deki devreyi kurunuz. Anahtar açıkken pil hücresindeki çözeltinin öz kütlesini aerometre ile ölçün , rapor kağıdına not edin. Bu değer başlangıçtaki değeriyle bir farklılık gösteriyormu? Anahtar açıkken voltmetrenin gösterdiği değeri kaydedin. Sonra S anahtarını kapayın devreden geçen akım ve kutuplar arasındaki potansiyel farkını ölçün ve rapor kağıdınıza kaydedin. Ölçüleriniz tamamlanınca elektrotları çözeltiden çıkarın, su ile yıkayıp inceleyin. Her elektrotta başlangıç durumuna göre ne gibi değişiklikler olmuştur.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

KESİM I ve KESİM II'de alınan ölçülerden yararlanarak pillerin iç dirençlerini bulunuz.

KAYNAKLAR

1- Keenan, Wood, "General College Chemistry", Harper and Row, Publishers Inc.

2- Mahan (Şenvar, Ergüder) Tercüme "Üniversite Kimyası" Cilt I, Hacettepe Üniversitesi Yayınları.

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD- 13 ELEKTRO KİMYASAL PİLLER

VERİLER

KESİM I Daniell Pili

ÇİZELGE- I

	Tek bakır ve tek çinko elektrot 1M $CuSO_4$ ve 1M $ZnSO_4$ çözeltisi ile		İki bakır ve iki çinko elektrot 1 M $CuSO_4$ ve 1 M $ZnSO_4$ çözeltisi ile	
	Tek Tuz Köprüsü	İki Tuz Köprüsü	Tek Tuz Köprüsü	İki Tuz Köprüsü
Pilin emk ε(volt)				
V(volt) 4 Ω luk yük varken				
I(A) 4 Ω luk yük varken				
İç direnç (Ω)	r_1	r_2	r_3	r_4

r_1, r_2, r_3 ve r_4 iç dirençlerinin hesabı

ÇİZELGE- II

Tek Tuz Köprüsü İle Tek Bakır ve Tek Çinko Elektrot Kullanarak 0,1M $CuSO_4$ ve 0,1M $ZnSO_4$ Çözeltisi İle
Pilin emk ε (volt)
V(volt) 4 Ω luk yük altında
I(A) 4 Ω luk yük varken
İç direnç (Ω) r_5

r_5 iç direncinin hesabı

Ölçü sonuclarına bakarak bir elektro kimyasal pilin elektro motor kuvvetinin hangi niceliklere bağlı olduğunu açıklayınız.

Bir pilden elde edilen potansiyel farkını arttırmak için neler yapılabilir.

Bir pilin dış devreye verebileceği maksimum akımı arttırmak için neler yapılabileceğini açıklayınız.

KESİM II Kurşunlu Akümlatör

Pil hücresindeki seyreltik sülfürik asitin öz kütlesi: g/cm^3

Pil dolduruldukdan sonra hücredeki çözeltinin öz kütlesi: g/cm^3

Pili doldurma zamanı: dak.

ÇİZELGE- III

Akümlatörün emk ε (volt)
V(Volt) 4 Ω luk yük varken
I(A) 4 Ω luk yük varken
İç direnç r_6 (Ω)

r_6 iç direncinin hesaplanması

Ölçü sonuçlarından yararlanarak kurşunlu bir akümlatörün amper-saat birimleriyle verilen gücünü etkileyen faktörleri açıklayınız.

Kurşunlu akümlatörde tüm kimyasal reaksiyonlar tersine çevrilebildiğine göre sizce akümlatörler pratikte zamanla neden eskiyip devre dışı kalmaktadırlar?

TFD- 14 OHM YASASI

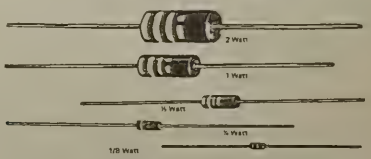
AMAÇLAR

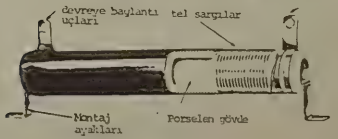
1- Ampermetre ve voltmetre kullanımını öğrenmek,
2- Ohm Yasasına uyan (ohmik) ve uymayan (nonohmik) devre elemanlarının gerilim-akım karakteristiklerini elde etmek,
3- Bu yolla çeşitli devre elemanlarının ve metallerin direncini bulmak,
4- Devredeki herbir devre elemanının karakteristiğini bulmak.

ARAÇLAR

DC güç kaynağı,
Ampermetre
Voltmetre
Bağlantı kabloları
Dirençler
Küçük elektrik ampülü

karbon direnç





Yüksek güçte tel sarımlı direnç

GİRİŞ

Elektrik akımı bir yük akımıdır. Bir teldeki I akımı telden akan yükle orantılıdır veya birim zamanda telden akan yük miktarıdır. Akım bir saniyede akan Coulomb (C/S) veya Amper (A) ile ölçülür.

$$I = \frac{Q}{S}$$

Bakır gibi metalik bir iletkende, serbestçe hareket eden parçacıklar negatif yüklü elektronlardır. Denklemlerde gereksiz olan (-) eksi işaretinden kurtulmak için, bir teldeki akımın yönü genellikle hareket eden elektronların ters yönü olarak kabul edilmiştir. Bir metal teldeki I akımının uçları arasındaki V potansiyel farkına (gerilime) bağlılığı aşağıdaki şekilde verilir.

$$I = \frac{V}{R} \qquad \ldots (1)$$

Buradaki R dirençtir ve telin karakteristik bir sabitidir. Bu bağıntı Ohm yasası olarak bilinir. Her nekadar bu yasa ancak bazı maddeler için geçerli olmakla beraber, elektrik devrelerinde yeni çalışmaya başlandığında faydalı bir bağıntıdır.

Denklem (1)'de R direncinin birimi Ampere başına Volt (V/A) olarak bulunur ve bu birime Ohm denir, Ω şeklinde gösterilir.

$$1\Omega = 1 \ \frac{V}{A}$$

Elektrik tellerinin ihmal edilebilir dirençleri vardır, bu yüzden bir devrenin direncini teller dışındaki devre elemanları (motorlar, ampuller, dirençler v.s.) belirler. Ohmik direnç diye tanımladığımız devre elemanları Ohm yasasına iyi bir yaklaşıklıkla uyarlar. Bu deneyde Ohmik direnç ve elektrik ampülü gibi basit devre elemanlarının özellikleri, devreden geçen akım ve uçları arasındaki gerilim ölçülerek incelenecektir.

Bir direncin uçları arasında sabit potansiyel farkı (gerilim) elde etmek için, elektromotor (emk) kaynağı denilen bir alet kullanılır. Bu alet basit bir batarya olabileceği gibi bir güç kaynağı da olabilir. Bilindiği gibi batarya, kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çeviren bir alettir. Piller bunlara örnek olarak verilebilir. Güç kaynağı ise elektronik bir alettir ve 220 Volt'luk alternatif (AC) şehir gerilimini alçak ve doğru (DC) gerilimine çevirir. Elektrik deneylerinde güç kaynağı bataryadan daha kullanışlıdır. Çünkü devreyi kararlı bir gerilimle besler ve gerilimin değeri de üzerindeki

düğmelerle istenilen şekilde ayarlanabilir. Şekil 4.1'de ⎓ semboluile tanımlanan ve güç kaynağıyla bağlantılı bir R direnci görülüyor. Akım, R direnci ile seri bağlı bir A ampermetresi ile ölçülür. Bu durumda A ile R'den geçen akım aynı olur (bir ampermetrenin kendi direnci ihmal edilebilir). Direncin uçları arasında gerilim ona paralel bağlı V voltmetresi ile ölçülür. Bu durumda V ve R'nin uçları arasındaki gerilim aynı olur (bir voltmetrenin kendi direnci, ondan geçen akım ihmal edilecek kadar büyüktür).

Bir ölçü aletinin akım (veya gerilim) ölçeğini, ölçü aletinin (göstergesinin) iğnesinin tam sapma değeri oluşturur. Bazı ölçü aletlerinin üzerinde değişik ölçekleri seçmek için bir anahtar vardır. Şekil 14.2'de görüldüğü gibi, böyle değişken ölçekli bir ölçü aletinin yüzünde genellikle birkaç farklı ölçek bulunur. Şekil 14.2'de iğnenin gösterdiği akım değeri seçilen ölçeğe bağlıdır. Eğer seçilen ölçek 3 mA ise, akım alttaki ölçekten iğnenin pozisyonuna göre 2 mA okunur. Eğer seçilen ölçek 30 mA ise alttaki ölçek, okunan değer 10 ile çarpılarak hala kullanılır. Eğer seçici anahtar 1 mA'e ayarlanmışsa akım, üstteki ölçekten okunan değer 10'a bölünerek 0.65 mA olarak bulunur. Biraz pratik kazandıktan sonra bu tip ölçü aletleri hiç zorluk çekmeden kullanılabilir.

KESİM I Tek Bir Devre Elemanının Gerilim-Akım Karakteristiği

YAPILACAK İŞLER

R_1 direncini güç kaynağına Şekil 14.1'deki gibi bağlayınız. Ters bir bağlantı ampermetreye zarar verebileceğinden bağlantılarınız Şekil 14.1'e uygunluğunu iyice kontrol ediniz. Eğer güç kaynağı devreye girdiğinde ampermetrenin ibresi sola doğru yani ters yönde sapıyorsa devreyi kapatıp bağlantıları ters yapınız. Gerilimin 0-10 V arasındaki 10 değeri için I akımını ölçünüz. Herbir ölçme için ölçü aletinin ölçebileceğiniz en büyük ölçeğinden faydalanınız.

Yukarıdaki ölçümleri başka bir R_2 direnci, küçük bir ampül ve ilgililerden sağlayacağınız herhangi bir eleman için tekrarlayınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Her eleman için I akımına karşı V gerilimini grafik kağıdında noktalayınız. Bu noktalamayı aynı grafik kağıdında fakat her bir elemana ait noktaları farklı işaretlerle göstererek (örneğin: ○, ×, △) yapınız. Ohm

yasasına uyan dirençler için $V = RI$ olduğundan $V - I$ grafikleri başlangıç noktasından (orjinden) geçen ve eğimi R olan birer doğrudur. Ampülün $V - I$ grafiği ise daha değişik bir türdedir, bütün noktalar bir doğru üzerinde bulunmazlar. Çünkü ampülün direnci sıcaklık arttıkça artar. Ohm yasasına uyan dirençler için $V - I$ karakteristikleri bir tek sayı "R" ile belirlenebilir. Fakat Ohm yasasına uymayanlar için aynı şey söylenemez.

KESİM II Seri Bağlı İki Devre Elemanının Gerilim-Akım Karakteristiği

YAPILACAK İŞLER

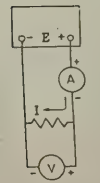
R_1 direncini küçük ampule seri bağlayınız. Bu birleşik sistemin iki ucu arasındaki V gerilimin farklı değerleri için I akımını ölçünüz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Seri bağlı iki elemanın $V - I$ eğrisi herbir elemanın $V - I$ eğrilerinden de hesaplanabilir. I'nın verilen bir değeri için, R_1 direncinin ve küçük ampulün her birinin uçları arasındaki V_1 ve V_2 gerilimleri Kesim I'deki $V - I$ eğrilerinden bulunur. Bu iki eleman seri bağlandığında ikisinin uçları arasındaki toplam potansiyel $V = V_1 + V_2$ olduğundan her ikisinden de aynı akım geçer. I'nın 5 farklı değeri için Kesim I'deki $V - I$ eğrilerinden $V = V_1 + V_2$ değerlerini hesaplayınız. Bulduğunuz V değerleri ile $V - I$ değerlerini noktalayınız. Bu noktalamayı, iki elemanın seri bağlı olması durumunda çizilen $V - I$ grafiğiyle aynı kağıda yapınız. Hesapla bulunan noktaların ölçü sonuçlarıyla çizilen grafikteki eğri üzerine düşmesi gerekir.

KAYNAKLAR

1- Cromer, Physics For The Life Sciences, Böl. 17.



Şekil 14.1 Gerilim ve Akım Ölçmek İçin R Direncinin Bir Güç Kaynağına Bağlanma Şekli

Şekil 14.2 Çok Amaçlı Bir Ölçü Aletinin Ölçekleri

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD- 14 OHM YASASI

VERİLER

KESİM I Tek Bir Devre Elemanının Gerilim Akım Karakteristiği

R_1		R_2		Ampul			
V(V)	I(mA)	V(V)	I(mA)	V(V)	I(mA)	V(V)	I(mA)

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Herbir eleman için I'lara karşı V'leri aynı grafik kağıdında noktalayınız. Doğruların eğiminden dirençleri bulunuz.

R_1 =

R_2 =

KESİM II *Seri* Bağlı İki Devre Elemanının Gerilim-Akım Karakteristiği

R_1 ve Ampul	Seri Bağlı
V(V)	I(mA)

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

I'lara karşı V'leri grafik kağıdında noktalayınız. I'nın beş tane farklı değeri için, Kesim I'deki grafiklerden yararlanarak R_1 direnci ve ampul için, I'nın V_1 ve V_2 değerlerini bulup $V=V_1+V_2$'yi hesaplayınız. Bu değerleri aynı I'lar için son çizdiğiniz grafikte yerine koyunuz. Sonucu yorumlayınız.

KESİM I İLE İLGİLİ SORULAR

1- Bir direncin uçları arasındaki gerilim 7.5V, geçen akım 120 mA ise direncin değeri nedir?

2- Geçen akım 2.5 Amper ise R_1 direncinin uçları arasındaki gerilimin değeri nedir?

3- Akımın artmasıyla ampulün direncinin artacağını ya da azalacağını ölçmelerin sonucuna bakarak açıklayınız.

KESİM II İLE İLGİLİ SORULAR

1- Eğer R_1 ve R_2 seri olarak bağlansaydı 12 mA'lık akım geçince direnç çiftinin uçları arasındaki gerilim ne olurdu?

2- Bir R direnci ile küçük ampul seri olarak bağlanıyor. İki elemanın uçları arasındaki gerilim 8V iken devreden 6 mA'lik bir akım geçiyorsa R'nin değeri nedir?

TFD- 15 KIRCHHOFF YASALARI

AMAÇLAR

Çeşitli devrelerde ölçülen akım ve gerilimleri, Kirchhoff yasalarını kullanarak hesaplanan değerlerle karşılaştırmak.

ARAÇLAR

DC güç kaynağı
Voltmetre
Ampermetre
Dirençler
Bağlantı kabloları

GİRİŞ

Kirchhoff yasaları olarak bilinen aşağıdaki iki ilkenin uygulanması ile karmaşık bir devrenin her kolundaki akım hesaplanabilir:

1- Bir devrenin herhangi bir noktasına gelen toplam akım o noktadan çıkan toplam akıma eşittir.

2- Bir devrenin herhangi iki noktası arasındaki potansiyel farkı bu noktaları birleştiren herhangi bir yol için aynıdır. Bu ilkeleri önce Şekil 15.1'deki basit devreye uygulayalım. Birinci yasaya göre, bütün dirençlerden aynı I akımı geçtiğinden herbir direncin uçları arasındaki gerilim

$$V_1 = IR_1$$
$$V_2 = IR_2 \qquad (1)$$
$$V_3 = IR_3$$

dır.

Dirençler boyunca a ve b noktaları arasındaki potansiyel farkı

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) \qquad (2)$$

olur.

İç direnci çok küçük olan bir güç kaynağının ϵ elektromotor kuvveti (emk), üretecin uçları arasındaki potansiyel farkına eşittir. Bu nedenle a ve b noktaları arasındaki potansiyel farkı ϵ'dir. Kirchhoff'un ikinci yasasına göre $V = \epsilon$ olduğundan,

$$I = \frac{\epsilon}{R_1+R_2+R_3} \qquad \text{bulunur.} \qquad (2)$$

Genel olarak n tane seri bağlı direnç değeri,

$$R = R_1+R_2+\ldots\ldots\ldots+R_n$$

olan tek bir direnç gibi davranır. (1) ve (2) denklemlerinden dirençlerin uçları arasındaki potansiyel farkları ve devreden geçen akım, ϵ, R_1,R_2 ve R_3 cinsinden hesaplanır.

Şekil 15.2'deki paralel bağlı devrede toplam I akımı üç paralel akıma ayrılır. Kirchhoff birinci yasasından,

$$I = I_1+I_2+I_3$$

ve ikinci yasasından güç kaynağının emk'si ϵ her direnç boyunca olan potansiyel farkına eşit olduğundan,

$$I_1 = \frac{\epsilon}{R_1}$$
$$I_2 = \frac{\epsilon}{R_2} \qquad (3)$$
$$I_3 = \frac{\epsilon}{R_3} \qquad \text{olur.}$$

Son üç denklem taraf tarafa toplanırsa,

$$I = I_1+I_2+I_3 = \epsilon\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right) \text{ bulunur.} \qquad (4)$$

Genel olarak n tane paralel bağlı direncin eşdeğer direnci R,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\ldots\ldots\ldots+\frac{1}{R_n}$$

ile verilir.

(3) ve (4) denklemlerinden I, I_1, I_2 ve I_3'ı ϵ, R_1, R_2 ve R_3 cinsinden hesaplanır.

Kirchhoff yasalarının benzer uygulaması ile Şekil 15.3'deki devrenin kollarından geçen akımların,

$$I_1 = \frac{\epsilon}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{\epsilon}{R_2 + R_3} \qquad (5)$$

olduğu gösterilebilir. Toplam I akımı,

$$I = I_1 + I_2 = \epsilon \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + R_3} \right) \qquad (6)$$

olur.

Şekil 15.4'deki devrenin en kolay analizi, devrenin toplam direncini hesaplamakla yapılır. Paralel bağlı iki direncin eşdeğer direnci R',

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{R_2 + R_3}{R_2 R_3}$$

den

$$R' = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

olur. R' direnci R_1 direnci ile seri olarak bağlandığından devrenin toplam direnci R

$$R = R_1 + R' = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

ve I akımı

$$I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{\epsilon}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} \qquad (7)$$

olur.

R_2 ve R_3 üzerindeki potansiyel farkı $\epsilon - R_1 I$ olduğundan R_2 ve R_3 'den geçen akımlar sırasıyla,

$$I_2 = \frac{\epsilon - R_1 I}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{\epsilon - R_1 I}{R_3} \qquad (8)$$

ile verilir.

Bu deneyde Şekil 15.1'den Şekil 15.4'e kadar olan şekillerdeki dört devreyi kurup, ölçülen akımları ve her direncin uçları arasındaki potansiyel farklarını (1)'den (8)'e kadar ki denklemlerden hesaplanan değerler ile karşılaştıracaksınız.

YAPILACAK İŞLER

Size üç adet, R_1, R_2 ve R_3 dirençleri verilecektir. Güç kaynağı, voltmetre ve ampermetreyi Şekil 14.1'deki gibi bağlayarak her direnç için direncin uçları arasındaki gerilimin farklı birkaç değeri için akımı ölçünüz. Bu veriler her direncin değerini bulmada kullanılacaktır.

1- Şekil 15.1'de olduğu gibi seri bağlı dirençleri güç kaynağına bağlayınız ve devredeki I akımını, R_1, R_2 ve R_3 'ün uçları arasındaki V_1, V_2, V_3 gerilimlerini ve güç kaynağının ϵ emk'ini ölçünüz.

2- Şekil 15.2'de olduğu gibi paralel bağlı üç direnci güç kaynağına bağlayınız. I, I_1, I_2 ve I_3 akımları ile ϵ emk'ini ölçünüz.

3- Şekil 15.3'de gösterildiği gibi üç direnci güç kaynağına bağlayınız. I, I_1 ve I_2 akımları ile R_2 ve R_3 'ün uçları arasındaki gerilimleri ve ϵ emk'ini ölçünüz.

4- Şekil 15.4'de gösterildiği gibi üç direnci güç kaynağına bağlayınız. I, I_2, I_3 akımları ile R_1 ve R_2 'nin uçları arasındaki gerilimleri ve ϵ emk'ini ölçünüz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Her direncin değerini $V-I$ grafiğinden yararlanarak bulunuz.

Şekil 15.1'den 15.4'e kadar herbir devre için ölçtüğünüz gerilim ve akımları R_1, R_2, R_3 ve ε cinsinden hesaplayınız.

Hesaplanan değerler, ölçü aletlerinin duyarlığı (% 3) içerisinde ölçülen değerlerle uyuşmalıdır.

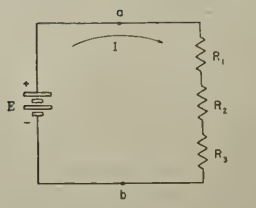
KAYNAKLAR

1- A.H. Cromer, R.I. Boughton, Physics For The Life Sciences, Mc Graw-Hill Book Company.

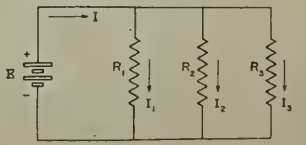
2- D. Halliday, R. Resnick, John Wiley and Sons. Inc., Physics

3- PSSC Fiziği, Milli Eğitim Basımevi

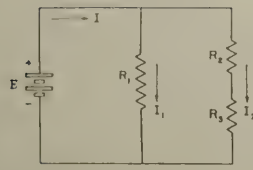
4- R. Sears, W. Zemansky (R. Nasuhoğlu, E. Tokmakçıoğlu) Modern Üniversite Fiziği Elektrik, Çağlayan Kitabevi.



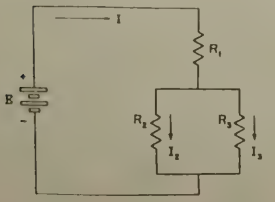
Şekil 15.1 Seri Bağlı Üç Direnç



Şekil 15.2 Paralel Bağlı Üç Direnç



Şekil 15.3 Seri Bağlı İki Direnç İle Paralel Bağlı Bir Direnç



Şekil 15.4 Paralel Bağlı İki Direnç İle Seri Bağlı Bir Direnç

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD- 15 KIRCHHOFF YASALARI

VERİLER VE ÇÖZÜMLEMELERİ

Çeşitli gerilim değerleri için her dirençteki akımı kaydediniz. Bu verilerden yararlanarak herbir direncin değerini hesaplayınız. (Bunun için V_1, V_2, V_3'ün I_1, I_2 ve I_3'e karşı grafiklerini çizip eğimlerinden R_1, R_2, R_3'ü bulunuz.

R_1		R_2		R_3	
V_1(Volt)	I_1(mA)	V_2(Volt)	I_2(mA)	V_3(Volt)	I_3(mA)

R_1=

R_2=

R_3=

İncelenen her devre için ölçülen akım ve gerilimleri kaydediniz. Ayrıca yukarıdaki e ve direnç değerlerinden yararlanarak bu nicelikleri hesaplayınız.

Devre 1		Devre 2	
Ölçülen	Hesaplanan	Ölçülen	Hesaplanan
ε		ε	
I		I	
V_1		I_1	
V_2		I_2	
V_3		I_3	

Devre 3		Devre 4	
Ölçülen	Hesaplanan	Ölçülen	Hesaplanan
ε		ε	
I		I	
I_1		I_2	
I_2		I_3	
V_2		V_1	
V_3		V_2	

SORULAR

1- Dört devrenin herbirinde, I akımının her dirençten geçen I_1, I_2, I_3 akımlarına nasıl bağlı olduğunu anlatınız.

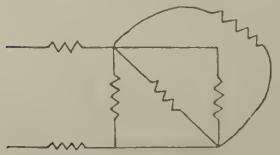
2- Dört devrenin herbirinde emk'lnin her direncin uçları arasındaki V_1, V_2 ve V_3 gerilimlerine nasıl bağlı olduğunu anlatınız.

3- Ölçtüğünüz ε ve I değerlerinden her devrenin toplam direncini saptayınız. Bunları bilinen R_1, R_2, R_3 değerlerinden hesaplanan toplam dirençlerle karşılaştırınız.

4- Üç direncin hangi konbinasyonu en küçük toplam direnci vermektedir?

5- Bir güç kaynağının iç direnci nedir? Güç kaynağının iç direnci r ise, uçları arasındaki V potansiyel farkı ile ε emk'i arasında nasıl bir bağıntı vardır?

6- Aşağıdaki devrenin eşdeğer direncini hesaplayınız.



TFD- 16 WHEATSTONE KÖPRÜSÜ YÖNTEMİYLE DİRENÇ ÖLÇÜMÜ

AMAÇLAR

İki farklı akım makarasının direncini önce ayrı ayrı, sonra da seri ve paralel bağlı iken,

a) Bir tel sürgülü wheatstone köprü düzeneği ile,
b) Bir çevirmeli tipte wheatstone köprü düzeneği ile ölçmek.

ARAÇLAR

Direnç ölçülerindeki iki makara
Potansiyometrik direnç kutusu
Reosta
Anahtar
Pil
Galvanometre (milli ampermetre de olabilir)
Tel sürgülü wheatstone köprüsü
Çevirmeli wheatstone köprü düzeneği

GİRİŞ

Bir iletkenin R direnci, iletkenin uçları arasındaki V potansiyel farkının, iletkendeki I akımına oranı olarak tanımlanır ($R = \frac{V}{I}$). Eğer V ve I sırasıyla volt ve amper birimleriyle ölçülürse, R ohm birimiyle ifade edilir.

Direnç ölçümünde kullanılan birçok yöntem vardır. En dolaysız ölçme yöntemi ampermetre-voltmetre yöntemidir. Bu metodla yapılan ölçmelerin duyarlığı için, ampermetre ve voltmetrenin uygun ölçme aralıkları olması ve ayrıca doğru okuma yapan bu aletlerden en az birinin iç direncinin bilinmesi gerekir.

Hem bir karşılaştırma ve hem de bir sıfırlama yöntemi olduğu için, bu deneyde kullanılan wheatstone köprü yönteminin ampermetre-voltmetre yöntemine göre, açık bir üstünlüğü vardır. Köprü devresine bağlanmış olan galvanometredeki sapmanın sıfır yapılmasıyla direnci bilinmiyen bir eleman bilinen standart bir dirençle karşılaştırılır.

Tel sürgülü wheatstone köprüsünün, Şekil 16.1'de A ve B noktaları arasında gösterilen genellikle 1 m uzunluğunda düzgün bir direnç teli vardır. Bilinmiyen R direnci, A ve D noktaları arasına ve standart direnç kutusu da B ve D noktaları arasına bağlanır. S_w anahtarıyla R_b reostasıyla bağlantılı olan bir pil veya DC güç kaynağı köprüdeki akımı sağlar. G galvanometresi (μA mertebesinde akım ölçen ölçü aleti) D ile C arasına bağlanır. Köprünün teli üzerinde sürgünün hareket ettirilmesiyle C temas noktasının yeri, A ile B arasında değiştirilebilir. Yani galvanometrenin bir ucu köprü telinin herhangi bir noktasına bağlanabilir. Pilin devresindeki anahtar kapatıldığında galvanometre kolu dahil köprünün tüm kollarından akım geçecektir. Bununla beraber normal şartlarda, köprü teli üzerinde, galvanometreden geçen akımın sıfır olduğu, bir C noktası bulunabilir. Yani köprü teli üzerinde temas bu noktada sağlandığında galvanometredeki sapma sıfır olacaktır. Bu durumda köprü dengededir denir.

Dengelenmiş bir köprü için galvanometre akımı sıfır olmalıdır. Buna göre, A ve D arasındaki potansiyel farkı, A ve C arasındaki potansiyel farkına, D ve B arasındaki potansiyel farkı da C ve B arasındaki potansiyel farkına eşit olmalıdır. R ve X'deki akımı I_1 (neden bu iki dirençten geçen akım aynıdır), ve köprü telindeki akımı da I_2 kabul edelim. Bundan başka, A ve C noktaları arasındaki köprü telinin direncini R_{AC} olarak ve C ve B noktaları arasındaki köprü telinin direncini de R_{CB} olarak alalım. Buradan

$$I_1 X = I_2 R_{AC} \quad \text{ve} \quad I_1 R = I_2 R_{CB}$$

dir. Bu iki denklemi taraf tarafa bölüp X'i çözersek

$$X = \frac{R_{AC}}{R_{CB}} R \qquad (1)$$

denklemini elde ederiz. Köprü teli düzgün kabul edildiğinden

$$\frac{R_{AC}}{R_{CB}} = \frac{AC'nin\ uzunluğu}{CB'nin\ uzunluğu} = \frac{L}{100-L}$$

dir. Burada L, telin AC bölümünün santimetre olarak uzunluğudur. Telin uzunluğu 100 cm alınmıştır.

Denklem (1),

$$X = R \cdot \frac{L}{100-L} \qquad (2)$$

biçiminde yazılabilir. X'in ölçülmesinde yapılacak hatanın en az olması için köprünün dengesi, olabildiğince köprü telinin ortalarında bir noktada sağlanmalıdır. Başka bir deyişle, ölçmelerde duyarlığı artırmak için R, olabildiğince X'e yakın bir değerde seçilmelidir. Bu yöntem kullanılarak çok geniş bir aralıkta direnç ölçmesi yapılabilir. Yani değişken standart bir R sağlandığı taktirde birden birkaç bin ohm basamağına kadar dirençler ölçülebilir. Çok düşük ve çok yüksek değerde dirençlerin ölçülmesi için köprüde değişiklik yapılması gerekir.

Dengelenmiş bir wheatstone köprüsünde denge denklemini bozmadan, pil ve galvanometrenin pozisyonlarını değiştirmek mümkündür. Bunu sağlayabilirmisiniz? Bununla beraber köprü incelendiğinde yüksek direnç kollarının bağlandığı nokta arasına bağlı galvanometrenin duyarlığının pilden daha fazla olduğu görülür. Bu şartlarda X ve R yüksek direnç kollarıdır. Pil akımı arttırıldığında köprü duyarlığının arttırıldığı gösterilebilir. Öte yandan, köprünün kollarındaki akımlar, ancak kaldırabilecekleri akımlarla sınırlandırılmalıdır.

Seri ve Paralel Bağlamalar

Şekil (16.2)'de gösterildiği gibi iki direnç seri bağlandığı zaman, R_s toplam direnç

$$R_s = R_1 + R_2 \quad (seri) \qquad (3)$$

denklemi ile verilir. Şekil (16.3)'deki gibi iki direnç paralel bağlandığında R_p toplamı direnç

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (paralel) \qquad (4)$$

ile verilir.

Çevirmeli wheatstone köprüsünde, köprü teli bir bobinle yer değiştirmiştir. R_{AC} / R_{CB} oranı bu bobinlerin sarım sayılarının oranı olarak doğrudan dönen düğmenin gösterdiği değer olarak okunur. Bu oran birim ondalıklı katlarıyla 0,1 veya 100 şeklinde düğmenin üzerinde gösterilmiştir.

Eğer bu oranı Q ile gösterirsek, denklem (1)

$$X = RQ \qquad (5)$$

şekline girer.

YAPILACAK İŞLER

KESİM I

Şekil 16.1'de görülen tel sürgülü köprüyü inceleyip bu şekle uygun olarak devreyi nasıl kuracağınızı düşününüz. Örneğin şekildeki A, B ve D noktalarının gerçek köprüdeki karşılıklarının, direnci ihmal edilebilen kalın metal şeritlerden yapılmış olması gerekir. Bağlantılar bu metal şeritler üzerinde bulunan terminallerle yapılabilir.

R_x bilinmeyen direncinin ve direnç kutusunun köprüye bağlantısını yapın. Bütün bağlantılar yapıldıktan sonra, reostayı maksimuma direnç kutusunu da 10 Ω'a ayarlayınız, galvanometredeki düşük duyarlık düğmesine basınız (bu durumda galvanometreye bağlı paralel şönt direnci devrededir) ve pilin anahtarını kapatınız. Sürgüyü köprü telinin bir ucundan 5 cm uzaklıkta bir noktaya geçici olarak dokundurunuz. Genellikle bu durumda galvanometrede sağa veya sola doğru büyük bir sapma olacaktır. Sürgüyü 10'uncu santimetreye götürün ve tekrar tele dokundurunuz. Bu durumda galvanometre sapmasının azalması gerekir. Bu sizin denge noktasına doğru gittiğinizi gösterir. Bu işleme galvanometredeki sapma ters yöne doğru oluncaya kadar devam edin. Bu durumda denge noktasını geçtiğinizi gösterir. Sürgünün hareket yönünü değiştirin ve daha küçük bir aralıkla kaydırarak denge noktasını ayarlayın. Denge noktasının çok yakın komşuluğuna gelince galvanometrenin yüksek duyarlık anahtarına basınız (bu durumda galvanometreye bağlı şönt direnci devre dışı kalmıştır) ve denge noktasını tam olarak belirleyiniz.

Yukarıdaki işlemleri sürgüyü tel boyunca kaydırmadan gerçekleştiriniz ve köprü telini bozacak kadar kuvvetle basmayınız.

Eğer köprü telinin hiç bir yerinde denge noktasını bulamazsanız, ya galvanometre hep aynı yönde sapıyordur, ya da galvanometre sapması

yoktur. Bu durumda bir açık devre noktası veya gevşek bir bağlantı arayacaksınız. Bu durum sürerse yöneticinizi çağırınız.

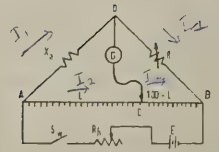
Bu ön denge noktasını bulduktan sonra köprü telinin merkezine olan uzaklığı not ediniz. Eğer merkezden 10 cm den daha uzakta ise, R yi denge noktasının uzaklığını merkezden uzaklığının 10 cm den az olacak şekilde ayarlayınız. Bu ayarlama daha öncede anlatıldığı gibi X_2 nin değerini duyarlıklı belirlemek için gereklidir. Sonuçta denge noktası C yi, galvanometrenin yüksek duyarlıklı anahtarını kullanarak mümkün olduğunca dikkatli belirleyiniz.

Benzer işlemi ikinci elemanın direncini bulmak içinde tekrarlayınız. Daha sonra da ölçülen bu iki direnç seri ve paralel bağlı iken tekrarlayınız. Yukarıdaki direnç ölçülerinin her birini X ve R nin yerlerini değiştirerek tekrarlayınız. Her bir direnç ölçmesi için önceki ölçmelerdeki R değerlerini kullanınız X ve R nin yer değiştirmesi köprü telinde yeni bir C' denge noktası oluşturacaktır. Bu nokta merkezin ters tarafında ve merkezden eşit uzaklıktadır. X ve R nin yerlerinin değiştirildiği için (2) denge denklemi değiştirilerek

$$X = R\,\frac{100-L'}{L'} \qquad (2)$$

şeklinde yazılması gerekir. Burada L'=AC' ve 100-L' = C'B dir. X ve R nin yer değiştirilmesiyle elde olunan yeni devre şeklini Şekil 16.1'e benzer şekilde yeniden çizmeleri öğrenciler için son derece, yararlıdır. Her direnç için bulunan bu iki değerin ortalaması wheatstone köprüsüyle ölçülen sonuç değer olarak alınabilir. Seri ve paralel dirençlerin ölçülen değerlerini denklem (2, 3) ve denklem (4)den bulunan değerleriyle karşılaştırınız.

Bu deneyin I , kesimindeki tüm direnç ölçmelerini çevirmeli wheatstone köprü sistemi kullanarak tekrarlayınız. Bu ölçmeler için Ω ları ve bunların verdiği uygun X değerlerini bulunuz.



Şekil 16.1 Tel Sürgülü Wheatstone Köprüsü

Şekil 16.2 Seri Bağlama

Şekil 16.3 Paralel Bağlama

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD- 16 WHEATSTONE KÖPRÜSÜ YÖNTEMİYLE DİRENÇ ÖLÇÜMÜ

VERİLER

KESİM I

ÇİZELGE 1- Tel Sürgülü Wheatstone Köprüsü İle Alınan Ölçü Sonuçları

	R (Ω)	X (Ω)	X'_{ort} (Ω)
Direnç a (Ω)			
Direnç b (Ω)			
Seri (deneysel) (Ω)			
Seri (hesapla) (Ω)			
Paralel (deneysel) (Ω)			
Paralel (hesapla) (Ω)			

KESİM II

ÇİZELGE II- Çevirmeli Wheatstone Köprü Düzeneği İle Alınan Ölçü Sonuçları

	R(Ω)	Q	Q'	Q_{ort}	X_{ort}
Direnç a (Ω)					
Direnç b (Ω)					
Seri (deneysel) (Ω)					
Seri (hesaplı) (Ω)					
Paralel (deneysel) (Ω)					
Paralel (hesaplı) (Ω)					

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

SORULAR

1- Denge denklemi (2)'de hiç bir değişiklik yapmadan Şekil 16.1'deki galvanometre ile pilin yerlerini değiştirmenin mümkün olduğunu gösterin.

2- Eğer Şekil 16.1'de X ve R'nin yerlerinin değiştirilmesiyle denge noktasının kayması d ise

$$\frac{X}{R} = \frac{(100 + d)}{(100 - d)}$$

olduğunu gösteriniz.

TFD- 17 AKIM VE GERİLİM ÖLÇME DÜZENEKLERİ

AMAÇLAR

1- d'Arsonval düzeneğini tanımak,
2- d'Arsonval düzenekli bir ölçü aracını akım ve gerilim ölçümlerinde kullanmayı öğrenmek,
3- Akım ve gerilim ölçmeyi öğrenmek,

ARAÇLAR

d'Arsonval düzenekli miktroakımölçer
Devre tablası
Dirençler
Bağlantı telleri
DC güç kaynağı
Pil
Sayısal volt-ampermetre

GİRİŞ

Akım, gerilim ve direnç ölçmeleri için kullanılan ölçü araçlarının, d'Arsonval düzeneği denilen bir parçası vardır. Bu düzenek, U biçiminde bir mıknatıs ve bu mıknatısın manyetik alanı içinde dönebilen bir akım kangalından oluşmuştur. Düzeneğe takılan bir yay, kangalı belirli bir denge konumunda tutar (Şekil 17.1)

d'Arsonval düzeneğindeki kangal, ekseni çevresinde döndürülerek denge konumundan ayrılırsa, düzenekteki yay, kangala geri çağırıcı bir dönme momenti uygular. Bu moment, kangalın dönme açısı ile orantılıdır. Öte yandan, U-mıknatısının oluşturduğu manyetik alan, kangaldan akım geçtiğinde ona ikinci bir dönme momenti uygular. Bu moment de kangaldan geçen akımla orantılıdır. Düzenek çalışırken, bu iki moment birbirini dengeleyinceye kadar kangal döner. Görüldüğü gibi, kangalın dönme açısı, içinden geçen akımla orantılıdır. O halde, düzeneğe bir gösterge ile bir ölçek takılırsa akım ölçen bir araç elde edilir.

AKIM ÖLÇÜMLERİ

Bir elektrik akımını ölçmenin en kolay yöntemi, bunu bir akım ölçerin içinden geçirmektir. Bir akımölçerin ölçebileceği en büyük akım, ölçeğindeki tam sapmaya karşı gelen değerle sınırlıdır. Bundan daha büyük akımlar, kangalın ve göstergenin bozulmasına ya da kangalın yanmasına neden olabilir. Ölçekteki tam sapma değerinden daha büyük akımları ölçmek için akımölçere, Şekil 17.2'de gösterildiği gibi, paralel bir direnç bağlanması gerekir. Böylece toplam akımın küçük bir bölümü ölçü aracının içinden geçirilmiş olur. Örneğin, iç direnci (akım kangalının direnci) $R_i = 700\ \Omega$ ve tam sapma akımı $I_i = 100\ \mu A$ olan d'Arsonval düzenekli bir mikroakımölçerle, 1000 μA (1 mA) 'lik bir akımı ölçmek istediğimizi varsayalım. Bu ölçü aracının içinden en çok 100 μA 'lik akım geçirebileceğimizden, araca paralel olarak bağlayacağımız R_s direncinin, $I_s = 900\ \mu A$ 'lik akım taşıması gerekecektir. Öte yandan bu tür bağlamada, akım kangalının ve paralel direncin uçları arasındaki gerilim farkı eşit olacağından, Ohm yasasına göre,

$$R_i I_i = R_s I_s$$

yazabiliriz. Yukarıdaki değerleri bu eşitlikte yerine koyarsak,

$$R_s = R_i \frac{I_i}{I_s} = 700\ \frac{100\times10^{-6}}{900\times10^{-6}} = \frac{700}{9}\ \Omega \sim 77,77\ \Omega$$

buluruz. Görüldüğü gibi, bir akımölçerle aracın tam sapma akımından 10 kez büyük bir akımı ölçebilmek için akımölçere, iç direncinin 1/9 'u büyüklüğünde bir direnci paralel olarak bağlamak gerekir. Bu durumda düzeneğin R_1 toplam direnci,

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_s} = \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_i/9}$$

dan

$$R_T = \frac{R_i}{10}$$

olur.

Akım ölçmek amacıyla bir devreye bağlanan aracın uçları arasında hiç gerilim düşmesi olmadığı ve devreden geçen akımı değiştirmediği varsayılır. Ancak bu durum hiçbir zaman gerçekleşemez. Çünkü her akımölçerin bir iç direnci vardır ve bu nedenle uçları arasında gerilim düşmesi olur. Uçları arasında gerilim düşmesi olmayan bir akımölçerin iç direncinin sıfır olması gerekir. Bu, akım ölçü araçları için gerçek dışı bir durumdur. Ancak, akımölçerin iç direncinin gözardı edilebilecek kadar küçük olması sağlanabilir.

Bir akımölçerin iç direnci denilince, yukarıdaki

$$R_i = \frac{R_i \cdot R_s}{R_i + R_s}$$

direncinden sözedildiğini unutmayınız.

GERİLİM ÖLÇÜMLERİ

d'Arsonval düzeneği ile bir devrenin, A ve B gibi, iki noktası arasındaki gerilim farkı ölçülebilir. Bu tür ölçüm için düzeneğe bir seri direnç eklemek ve düzeneği, aralarındaki gerilim farkı ölçülecek noktalar arasına bağlamak gerekir (Şekil 17.3). Oluşturulan bu yeni devreden geçecek olan akım, Ohm yasasına göre, A ve B noktaları arasındaki gerilim farkı ile orantılı olacaktır. Örneğin, iç direnci $R_i = 700\ \Omega$ ve taşıyabileceği en büyük akım $I_i = 100\ \mu A$ olan d'Arsonval düzenekli bir araçla, 50 V'a kadar gerilim farklarını ölçmek istediğimizi varsayalım. Bu durumda, Şekil 17.3'teki A, B noktaları arasında 50 V'luk gerilim farkı varken, düzeneğin kangalından ve buna seri bağlı R_s direncinden geçecek akım $100\ \mu A$ ile sınırlandırılmıştır. O halde bu devrenin toplam direnci Ohm yasasına göre

$$R_T = \frac{V_{AB}}{I_i} = \frac{50}{100 \times 10^{-6}} = 500\ k\Omega$$

olmalıdır. Yine aynı yasaya göre,

$$V_{AB} = (R_i + R_s)\, I_i$$

yazabileceğimizden yukarıdaki değerleri bu eşitlikte yerine koyarsak,

$$R_s = \frac{V_{AB}}{I_i} - R_i = \frac{50}{100 \times 10^{-6}} - 70\Omega$$

$$R_s = 5 \times 10^5 - 700 = 500\ k\Omega - 700\ \Omega = 500\ k\Omega$$

buluruz. Görüldüğü gibi, kangalın $R_i = 700\ \Omega$'luk direnci, $R_T = 500\ k\Omega$'luk toplam devre direnci yanında çok küçük kalmaktadır. Bu nedenle d'Arsonval düzeneğine $R_s = 500\ k\Omega$'luk bir seri direnç bağlamakla amacımıza ulaşmış ve 50 V'a kadar gerilim farklarını ölçebilecek bir gerilimölçer yapmış oluruz.

Gerilim farkı ölçmek amacıyla bir devreye bağlanan düzeneğin hiç akım çekmediği varsayılır. Ancak bu durum hiçbir zaman gerçekleşemez. Çünkü R_T direnci sonsuz olmadıkça, her gerilimölçer bağlandığı devreden akım çeker. Gerçekte R_T'nin sonsuz olması sağlanamazsa da, düzeneğin çekeceği akımı çok küçük yapacak biçimde yeterli kadar büyük olması sağlanabilir.

Bir gerilimölçerin iç direnci denilince, yukarıdaki $R_i = R_i + R_s$ direncinden sözedildiğini unutmayınız.

UYARI Her devre

Deney yöneticiniz, bu deneydeki devreleri kurmanıza yardımcı olacaktır. Deney yöneticinizden izin almadan, kuracağınız devrelere üreteç bağlamayınız ve akım vermeyiniz. Devrelerde yapacağınız her değişiklikten önce üreteçlerin bağlantılarını açınız.

KESİM I Akımölçer

YAPILACAK İŞLER

Size verilen d'Arsonval düzenekli ölçü aracını (taşıyabileceği en büyük akım 100 μA, kangalın direnci 700 Ω), önce 100 mA'e kadar akımları ölçebilecek bir akımölçere dönüştüreceksiniz. Bunun için, araca paralel olarak bağlamanız gereken R_s direncinin değerini hesaplayıp rapor kağıdınıza yazınız. Bu direnci araçtaki yerine bağlayarak dönüşümü gerçekleştiriniz.

Yaptığınız akımölçerin doğru ölçüm yapıp yapmadığını sınamanız gerekir. Sınamayı, bu akımölçerden ve güvenilir bir başka akımölçerden aynı akımı geçirip, ikisinin gösterdiği değerleri karşılaştırarak yapabilirsiniz. Bu amaçla Şekil 17.4'deki devreyi kurunuz. Buradaki 50 Ω'luk dirençle, devreden değişik değerde akımlar geçmesini sağlayabilirsiniz. Devreden geçireceğiniz belli bir akım için, iki akımölçerin gösterdiği değerleri okuyunuz ve bunları rapor kağıdınıza yazınız. Akımölçerler değişik akım değerleri gösteriyorlarsa, R_s direncinde küçük değişimler yaparak, ikisinin de aynı değeri göstermesini sağlayınız. Bu sınamayı, 50 Ω'luk direncin değişik konumları için, iki kez daha yineleyiniz.

Deneysel olarak değerini saptadığınız R_s direncinin, d'Arsonval düzeneği ile bağlantılarını açınız. Yukarıdaki işlemleri yineleyerek, düzeneği, 10 mA'e kadar akımları ölçebilecek bir akımölçere dönüştürünüz ve sonuçları rapor kağıdınıza yazınız. Böylece iki değişik akımölçer yapmış oldunuz.

Deneyin bu aşamasında yaptığınız akımölçerlerle ölçümler alacaksınız. Önce 100 mA'lık akımölçer ve 150 Ω, 10 W'lık dirençle Şekil 17.5'deki devreyi kurunuz. Güç kaynağından sağlayacağınız üç değişik gerilim (Örneğin 5V, 10V, 15V) için devreden geçen akımları okuyunuz. Sonuçları rapor kağıdınıza yazınız.

Şekil 17.5'deki devrede, 150 Ω, 10 W'lık direncin yerine, 560 Ω, 1 W'lık bir direnç bağlayınız. Üç değişik gerilim için devreden geçen akımları okuyunuz ve sonuçları rapor kağıdınıza yazınız.

Şekil 17.5'deki devreyi bu kez, 560 Ω'luk direnç ve yaptığınız 10 mA'lık akımölçerle kurunuz. Deneyin bir önceki aşamasında uyguladığınız üç değişik gerilimi yeniden sıra ile uygulayınız. Her gerilim için devreden geçen akımı okuyunuz ve sonuçları rapor kağıdınıza yazınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Şekil 17.5'deki devrede 150 Ω'luk direnç, 100 mA'lik akımölçer varken elde ettiğiniz verilerden yararlanarak $V_s = f(I)$ grafiğini çiziniz. Ohm yasasına göre, bu grafiğin başlangıçtan geçen bir doğru olması gerekir. Doğrunun eğiminden devredeki direncin değerini hesaplayınız ve bunu üzerinde yazılı değerle karşılaştırınız.

Yukarıdaki çözümlemeyi, devrede 560 Ω'luk direnç, 100 mA'lık akımölçer ve 560 Ω'luk direnç, 10 mA'lık akımölçer varken elde ettiğiniz veriler için de yineleyiniz.

Devrede 560 Ω'luk direnç varken, 10 mA'lık ve 100 mA'lık akımölçerlerle elde ettiğiniz verileri ve çizdiğiniz grafikleri karşılaştırınız. Bu karşılaştırmada 10 mA'lık akımölçerle okuduğunuz akımların daha küçük olduğunu göreceksiniz. Bunun nedeni, 10 mA'lık akımölçerin devreye daha büyük bir R_i direnci sokması ve üzerinde daha fazla gerilim düşmesi olmasıdır. Öte yandan, 100 mA'lık akımölçerde, sapmaların küçük olması nedeni ile, okumalarınızdaki yanılgı payının daha çok olacağını gözönünde bulundurunuz.

KESİM II Gerilimölçer

YAPILACAK İŞLER

Bu kesimde, size verilen d'Arsonval düzenekli ölçü aracını 20 volt'a kadar gerilimleri ölçebilecek bir gerilimölçere dönüştüreceksiniz. Bunun için aracı seri olarak bağlamanız gereken R_s direncinin değerini hesaplayıp rapor kağıdınıza yazınız. Bu direnci araçtaki yerine bağlayarak dönüşümü gerçekleştiriniz.

Yaptığınız gerilimölçerin doğru ölçüm yapıp yapmadığını sınamanız gerekir. Sınamayı, bu gerilimölçerle ve güvenilir bir başka gerilimölçerle aynı gerilimi ölçüp, ikisinin gösterdiği değerleri karşılaştırarak yapabilirsiniz. Bunun en kolay yolu, güç kaynağının belli bir çıkış gerilimini (Örneğin 5 V) bu iki gerilimölçerle ayrı ayrı okumaktır. Bu işlemi yapınız ve sonuçları rapor kağıdınıza yazınız. Gerilimölçerler değişik değerler gösteriyorlarsa, R_s direncinde küçük değişimler yaparak, ikisinin de aynı değeri göstermesini sağlayınız. Bu sınamayı, güç kaynağının değişik çıkış gerilimleri için (Örneğin 10 V, 15 V) iki kez daha yineleyiniz.

Deneyin bu aşamasında yaptığınız gerilimölçerle ölçümler alıp, elde ettiğiniz sonuçları, doğru gösterdiğinden kuşku duymadığınız bir başka gerilimölçerinkilerle karşılaştıracaksınız.

Bu amaçla, 1 k Ω'luk dirençlerle Şekil 17.6'daki devreyi kurunuz. Güç kaynağından, A ve D noktaları arasına belirli bir gerilim uygulayınız. Sonra yaptığınız gerilimölçerle, AD, AB, BC ve CD noktaları arasındaki V_{AD}, V_{AB}, V_{BC} ve V_{CD} gerilimlerini sıra ile ölçüp, sonuçları rapor kağıdınıza yazınız. Aynı ölçümleri gösterimden kuşku duymadığınız gerilimölçerle de yapınız. Bu sonuçları da rapor kağıdınıza yazınız.

Şekil 17.6'daki 1 kΩ'luk dirençlerin yerine 100 k Ω'luk dirençler bağlayınız. A ve B noktaları arasına, deneyin önceki aşamasındaki gerilimi yeniden uygulayınız ve ölçümleri yineleyiniz. Sonuçları rapor kağıdınıza yazınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Şekil 17.6'daki devrede 1 k Ω'luk dirençler varken, iki gerilimölçerle ölçtüğünüz V_{AB}, V_{BC} ve V_{CD} gerilimlerinin birbirlerine eşit olması gerekir. Bundan başka, bu gerilimlerin toplamları ($V_{AB}+V_{BC}+V_{CD}$) da ölçtüğünüz V_{AD} gerilimlerine eşit olmalıdır.

Devredeki dirençler 100 k Ω olduğunda, gösteriminden kuşku duymadığınız gerilimölçerle ölçtüğünüz V_{AB}, V_{BC} ve V_{CD} gerilimlerinin birbirlerine ve önceki aşamada elde ettiğiniz değerlere eşit olması gerekir. Aynı biçimde $V_{AB}+V_{BC}+V_{CD}$ toplamı da V_{AD}'ye eşit olmalıdır.

Buraya kadarki çözümleme ile, güç kaynağından elde edilen belli bir gerilimin daha küçük gerilimlere nasıl bölünebileceğini anlamış olursunuz.

Devrede 100 k Ω'luk dirençler varken, yaptığınız gerilimölçerle ölçtüğünüz V_{AB}, V_{BC} ve V_{CD} gerilimlerinin yukarıdaki değerlerden daha küçük olduğunu göreceksiniz. Ayrıca, bunların toplamları da V_{AD} değerlerinden küçük olacaktır. Bunun nedeni, yaptığınız gerilimölçerin R_i iç direncinin, uçları arasındaki gerilimi ölçmek istediğiniz devre parçasının direnci ile aynı basamakta olmasıdır. Böyle olunca, devrenin o kesimindeki eşdeğer direnç küçüleceğinden gerilim de küçülür. Bunu daha iyi anlamak için aşağıdaki çözümlemeyi yapınız.

Yaptığınız gerilimölçerle, örneğin A ve B noktaları arasındaki gerilimi ölçtüğünüz sırada, devrenin bu kesimindeki eşdeğer direncin değerinin ne olduğunu hesaplayınız. Gerilimölçerin iç direnci $R_i = R_1 + R_2$, A, B noktaları arasındaki devre parçasının direnci de R_d=100 k Ω olduğuna göre, eşdeğer direnç,

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_d}$$

bağıntısından bulunabilir. Böylece devrenin toplam direnci R_e = 200 kΩ olur. Güç kaynağından uyguladığımız gerilim V_{AD} olduğuna göre, Ohm yasasına göre

$$V_{AD} = (R_e + 200\ k\Omega)I$$

yazabilirsiniz. Buradan, devreden geçen I akımının değerini bulup,

$$V_{AB} = R_e I$$

bağıntısından A ve B noktaları arasındaki gerilimi hesaplayınız. Bu değerin gerilimölçerin gösterdiği gerilime eşit olması gerekir. Ancak bu ölçüm sırasında, V_{BC} ve V_{CD} gerilimlerinin, gösteriminden kuşku duymadığınız gerilimölçerle okuduğunuz değerlerden daha büyük olacağını unutmayınız. Bu ölçüm için de $V_{AD} = V_{AB}+V_{BC}+V_{CD}$ eşitliği geçerlidir.

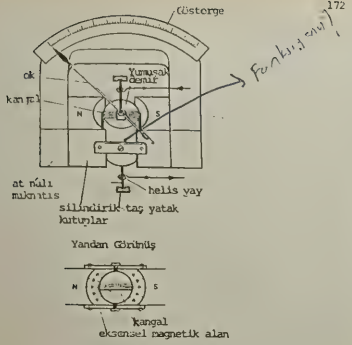
Böylece, bir gerilimölçerin iç direncinin, uçları arasındaki gerilimi ölçmek istediğiniz devre parçasının direncinden yeteri kadar büyük olmaması durumunda, doğru ölçüm yapamayacağınızı öğrenmiş oldunuz.

KAYNAKLAR

1- Berkeley Fizik Laboratuvarı II, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 1970.

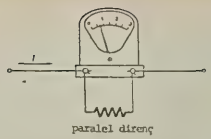
2- William David Cooper, Electronic Instrumentation and Measurement Techniques, Prentice Hall Inc., 1970.

3- Brophy (Köksal, Kıymaç, Yüksel, Zengin) Çeviri, "Fenciler İçin Temel Elektronik", Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları.

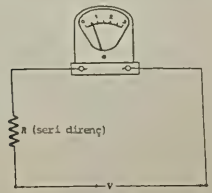


Şekil 17.1a. d'Arsonval Düzeneği

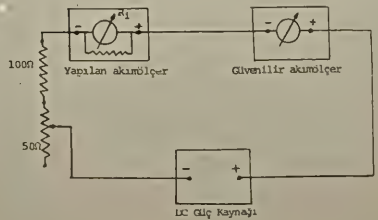
Şekil 17.1b. d'Arsonval Düzeneği



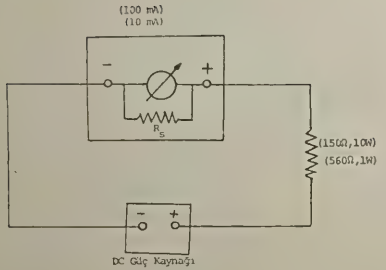
Şekil 17.2 Akımölçerle Büyük Akımların Ölçme Düzeneği



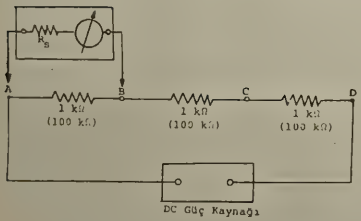
Şekil 17.3 d'Arsonval Düzeneğinin Gerilimölçer Olarak Kullanılması



Şekil 17.4 Akımölçerin Sınanması



Şekil 17.5 Akım Ölçüm Devresi



Şekil 17.6 Gerilim Ölçüm Devresi

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD 17 AKIM VE GERİLİM ÖLÇME DÜZENEKLERİ

KESİM 1 Akımölçer

VERİLER

Kullanılan d'Arsonval düzeneğinin;
taşıyabileceği en büyük akım :
Kangalın direnci : 700 Ω

100 mA'lık akımölçer

R_s = 0,7 Ω

No	Güvenilir Akımölçer I(mA)	Yapılan Akımölçer I(mA)
1	70	70
2	77,5	80
3	87	90

10 mA'lık akımölçer

R_s = 7 Ω

No	Güvenilir Akımölçer I(mA)	Yapılan Akımölçer I(mA)
1 2	3,2	2
2 4	4,1	4
3 6	6,0	6,0
8	8,0	7,8
10	9,7	9,5
12	11,5	11,0

Yapılan akım ölçümleri

Devredeki Direnç	Kullanılan Akımölçer	V(volt)	I(mA)
150 Ω , 10 W	100 mA	1,8	11,4
150 Ω , 10 W	100 mA	3,6	24
150 Ω , 10 W	100 mA	5,4	36
150 Ω , 10 W	100 mA	7,2	48
560 Ω , 1 W	100 mA	1,1	4,9
560 Ω , 1 W	100 mA	2,5	9
560 Ω , 1 W	100 mA	5,4	10
560 Ω , 1 W	100 mA	7,2	16
560 Ω , 1 W	10 mA	1,8	3,4
560 Ω , 1 W	10 mA	3,6	6,4
560 Ω , 1 W	10 mA	5,4	9,4

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Şekil 17.5'deki devrede,

i) 150 Ω'luk direnç, 100 mA'lık akımölçer
ii) 560 Ω'luk direnç, 100 mA'lık akımölçer
iii) 560 Ω'luk direnç, 10 mA'lık akımölçer

varken elde ettiğiniz verileri kullanarak V= f(I) grafiklerini çiziniz.

Devrenin bu üç değişik biçimi için çizdiğiniz doğruların eğiminden, devrelerdeki dirençlerin değerlerini bulunuz. Bu değerleri, dirençlerin üzerinde yazılı olanlarla karşılaştırınız.

Devrenin Biçimi	R(Ω) (üzerinde yazılı olan)	R(Ω) (Deneyde bulunan)
i)	150	
ii)	560	
iii)	560	

ii) ve iii)'deki akım değerlerini karşılaştırarak, devrede 560 Ω'luk direnç varken hangi akımölçerin kullanılmasının daha uygun olacağını tartışınız.

KESİM II Gerilimölçer

VERİLER

Kullanılan d'Arsonval düzeneğinin, taşıyabileceği en büyük akım :
Kangalın direnci : 700 Ω

20 V'luk gerilimölçer

R_s= 200 kΩ

No	Güvenilir Gerilimölçer V(Volt)	Yapılan Gerilimölçer V(Volt)
1		
2		
3		

Yapılan Gerilim Ölçümleri

Devredeki Dirençler (k Ω)	Kullanılan Gerilimölçer	V_{AD} (Volt)	V_{AB} (Volt)	V_{BC} (Volt)	V_{CD} (Volt)	$V_{AB}+V_{BC}+V_{CD}$ (Volt)
1	Yapılan	7,6	3,2	3,2	3,2	6,6
	Gösterimiinde Kuşku Olmayan	7,6	2,5	2,5	2,5	7,5
100	Yapılan	7,6	2,0	2,0	2,0	6,0
	Gösterimiinde Kuşku Olmayan	8,0	2,5	2,5	2,5	7,5

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Şekil 17.6'daki devrede 1 k Ω 'luk dirençler varken iki gerilimölçerle; ve 100 kΩ 'luk dirençler varken gösteriminden kuşku duymadığınız gerilimölçerle elde ettiğiniz değerleri birbirleriyle karşılaştırınız.

Tüm ölçümler için $V_{AB}+V_{BC}+V_{CD}$ toplamlarını hesaplayarak bunları birbirleriyle ve ölçtüğünüz V_{AD} değerleriyle karşılaştırınız.

Şekil 17.6'daki devrede, A, B noktaları arasındaki gerilimi, yaptığınız gerilimölçerle ölçtüğünüz sırada devre parçasındaki R_e eşdeğer direncini, devreden geçen I akımını ve V_{AB} gerilimini hesaplayınız.

R_T = Ω , R_d = 100 k Ω : R_e = Ω

V_{AD} = volt , : I = A

Hesapladığınız V_{AB}'yi ölçtüğünüz değerle karşılaştırınız.

Bu ölçüm sırasında, devrenin BC kesimindeki gerilimin değerini

$V_{BC} = R_d I$

bağıntısından hesaplayınız. Bu değeri, yaptığınız gerilimölçer A, B noktalarına bağlıyken, gösteriminden kuşku duymadığınız gerilimölçeri B, C noktaları arasına bağlayarak okuduğunuz gerilimle karşılaştırınız.

	Hesaplanan (Volt)	Ölçülen (Volt)
V_{BC}		

KESİM I İLE İLGİLİ SORULAR

1- Tam sapma akımı 100 μ A olan d'Arsonval düzenekli bir araçtan yararlanarak, tam sapma akımı 50 μ A olan bir akımölçer yapılabilir mi?

2- Şekil 17.5'deki devrede direncin yerine, üzerinde 24V, 10W yazan bir lamba bağlanmış olsaydı, bu lambanın direncini nasıl bulurdunuz?

3- Soru 2'deki devrede güç kaynağının verdiği gerilim artarsa, lambanın direnci değişir mi?

KESİM II İLE İLGİLİ SORULAR

1- Deneyde kullandığınız gösteriminde kuşku olmayan gerilimölçerin iç direncinin hangi basamakta olduğunu düşünüyor sunuz?

2- Şekil 17.6'daki devrede A, B noktaları arasında 50 kΩ , B, C noktaları arasında 100 k Ω ve C, D noktaları arasında 200 k Ω 'luk dirençler olsaydı, güç kaynağından uygulanan gerilim hangi oranlarda bölünürdü?

3- Şekil 17.6'daki devrede A, B noktaları arasına, üzerinde 24V, 10W yazan lamba bağlanır, öteki dirençler 100 Ω olursa, lambanın üzerinde yazılı değerlere uygun biçimde yanabilmesi için güç kaynağından kaç volt'luk gerilim uygulamak gerekir?

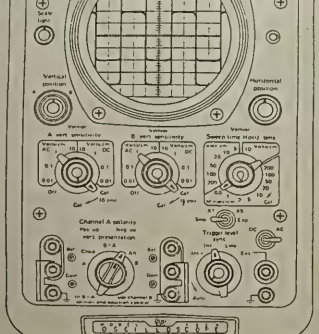
TFD- 18 OSİLOSKOP

AMAÇLAR

1- Osiloskobun tanıtılması,
2- Osiloskop ile ölçme yapmayı öğrenmek,
3- Osiloskopta alternatif akımın özelliklerinin incelenmesi
4- Sesin/insan kulağı tarafından algılanması ile sesin fiziksel özellikleri (şiddet ve frekans) arasındaki ilişkiyi incelemek.

ARAÇLAR

Osiloskop
Pil (4, 5 volt)
Transformatör
Röle
Dalga üreteci
Güç yükselteci
Hoparlör
Bağlantı telleri



GİRİŞ

Bir çok elektriksel uyarma kaynakları arasında en basitleri doğru akım (dc) kaynaklarıdır. Bir doğru akım kaynağı, örneğin pil, kendisine bağlanmış dış devreye belli bir yönde akan kararlı bir akım sağlar. Bu yüzden, (Kirchhoff yasaları yardımıyla) dış devrede ne olacağını anlamak için kaynağın sadece kutuplanmasını ve elektromotor kuvvetini bilmek yeterlidir. Doğru akım ölçmek için kullanılan araçlar (ampermetreler ve voltmetreler) içinden geçen tek yönlü akıma duyarlı olan d'Arsonval galvanometresi esas alınarak yapılmışlardır.

Pillerin aksine, zamanla hem büyüklüğü (genliği) hem de yönü değişen akım üreten kaynaklarda mevcuttur. Bu tip sinyal kaynaklarının önemli bir alt sınıfını, peryodik denilen ve peryot adı verilen belli bir zaman aralığında kendini aynen tekrar eden değişken akım üreten (ac) akım kaynakları oluştutur. Pratikte en çok kullanılan peryodik üreteçler, zamanla sinüssel olarak değişen sinyal verenlerdir. Böyle sinyallere alternatif sinyal denir. Çünkü, zamanla hem yönü hem de genliği peryodik olarak değişir (Şekil 18.1).

Bu tipte bir sinyali belirtmek için çok yaygın olarak kullanılan bir kaç terim vardır. Bunlar Şekil 18.1'de gösterilmiştir ve tanımları aşağıda sıralanmıştır:

1- Alternatif akım ya da gerilimin A genliği, maksimum değerdir ve sırasıyla amper ve volt olarak ölçülür.

2- Tepeden tepeye genlik ($t - t$), sinyalin en yüksek noktası ile en alt noktası arasında ölçülen akım ya da gerilim farkıdır. Simetrik bir dalga halinde bu, A genliğinin iki katıdır.

3- Peryot (T) bir tam devir yapmak için gerekli zamandır ve saniye olarak ölçülür.

4- Frekans (f) birim zamanda tamamlanan devir sayısına eşittir. Frekans (sıklık) birimi Hertz (kısaca Hz) dir ve saniyedeki devir sayısıdır. Frekans peryodun tersidir.

Bir peryodik sinyalin şeklini görmek, genliğini, peryodunu ve diğer karakteristiklerini ölçmek için osiloskop'a ihtiyacımız vardır.

Osiloskop, gerçekte ölçülecek olan sinyalin zamana bağlı dalga şeklini çizer. Osiloskobun ön yüzü, televizyonun görüntü tüpüne çok benziyen katot-ışınları tübünün (KIT) ekranıdır. Osiloskobun girişine bağlanan ölçülecek

sinyal yükseltilerek ve elektron demetinin düşey konumu kontrol edilmesi ile sinyalin ekran üzerinde görülmesi sağlanır. Elektron demetinin ekranı belli bir hızla süpürmesi de yatay konumunun kontrolu ile sağlanır (yatay konum zamanla orantılıdır).

Osiloskobun kullanılması şüphesiz peryodik sinyallerin incelenmesi ile sınırlı değildir. Bu araç, biyolojik sistemlerde oluşan yarı peryodik sinyallerin, hatta tek tek veya gelişigüzel oluşan geçiş sinyallerinin incelenmesinde de kullanılabilir. Bu deneyde osiloskobun çalışması, kullanılması ve özellikleri bazı uygulamaları ile tanıtılmıştır.

KESİM I Osiloskobun Çalışması

YAPILACAK İŞLER

Bu deneyde kullanılan düzenek: Sıklığı 0-50 KHz arasında olan sinyallere duyarlı ve en az 50 mV ölçebilen tek girişli bir osiloskop; 4,5 voltluk pil; çıkışı 0-9 V olan bir transformatör (ikincil sargıya 10 k Ω seri direnç ile 5 k Ω yük bağlı); ve bir röleden oluşmuştur.

Osiloskop üzerindeki ana kontrol düğmeleri şunlardır: Şiddet ya da parlaklık ayar düğmesi; düşey büyütme ölçek düğmesi (genellikle çok konumlu bir anahtardır ve ekran üzerindeki düşey sapmaya volt/cm olarak ölçeklendirilmiştir); zaman tarama düğmesi (genellikle çok konumlu bir anahtardır ve ekran üzerindeki yatay yerdeğiştirmeye saniye/cm olarak ölçeklendirilmiştir); çiftlenim anahtarı (bu anahtar osiloskobun giriş yükseltecinin dc yada sadece ac sinyale tepki göstereceğini belirler).

Düşey büyütme ölçek düğmesini 5 V/cm konumuna getiriniz (Kalibrasyonun doğru yapıldığından emin olunuz). Zaman tarama düğmesini 5 ms/cm konumuna getiriniz aleti çalıştırınız ve şiddet kontrol düğmesini orta parlaklıkta bir iz elde edinceye kadar ayarlayınız. Bu iz yatay bir çizgidir. (Dikkat: Her zaman iyi bir şekilde görmeyi sağlıyacak kadar az şiddet kullanınız, çünkü aşırı derecede parlaklık fosforlu ekrana zarar verebilir). Temiz bir iz elde etmek için odaklama düğmesini ayarlamak gerekebilir. Bu noktada herhangi bir zorlukla karşılaşırsanız, zaman geçirmeden öğretmeninize danışınız.

I) Giriş kısa devre yada topraklanmış iken, yatay ve düşey konum kaydırma düğmelerini kullanarak izi ekranın tam merkezine getiriniz. Çiftlenim

anahtarını dc ye çeviriniz ve 4,5 voltluk pilin negatif ucunu osiloskobun toprak girişine, pozitif kutbunuda sinyal girişine bağlayınız. Sonucu gözleyiniz ve sapmayı ölçünüz. Sapmayı volt olarak ifade ediniz. Düşey büyütme ölçek düğmesinin konumunu daha kesin değer okuyabilecek şekilde değiştiriniz (yani, izin ekran üzerinde kalacağı en düşük V/cm skalasını seçiniz). Her defasında, dikey seçicinin farklı konumlarında, izin (sinyalin) düşey konumunun değiştiğine dikkat ediniz. Pilin kutuplarını değiştiriniz. Sonuçları gözleyiniz ve kaydediniz.

II) 4,5 voltluk pili rölenin NC (normal olarak kapalı) ve NO (normal olarak açık) uçlarına bağlayınız. Osiloskobu rölenin ortak ucu ile NO ucu arasına bağlayınız. Röleyi, yaklaşık 9 V_{AC} kaynakla besleyiniz. Sinyali osiloskop ekranından gözleyiniz ve şeklini rapor kağıdına çiziniz. Bu sinyalin tepeden-tepeye genliğini ölçünüz ve peryodunu, ekran üzerinde bir devir için kaç cm gerektiğini bularak hesaplayınız. Duyarlı bir hesap için düşey büyütme ölçeğinin ve zaman tarama ölçeğinin konumlarını dikkate alınız. Sinyalin sıfır volt seviyesine göre konumuna özellikle dikkat ediniz. Çiftlenim anahtarını ac ye çevirerek gözlediğiniz sinyali, dc konumundaki sinyalle karşılaştırınız. Gözlemlerinizi rapor kağıdına yazınız.

III) Bundan sonra transformatörün çıkış uçlarını osiloskop girişine bağlayınız. Çiftlenim anahtarını dc konuma getiriniz. Transformatörün giriş uçlarını pirize takınız. (Dikkat: Transformatörü prizden çıkarmadan önce hiç bir ucuna dokunmayınız). Bu transformatör şehir şebekesinin gerilimini yaklaşık 300 V (t = t) den 15 V (t = t) ye düşürülmüş olarak gözlememizi sağlıyor. Sinyalin şeklini rapor kağıdına çiziniz. Tepeden-tepe genliğini ve peryodunu ölçünüz. Çiftlenim anahtarını ac konuma getirerek sinyali yeniden gözleyiniz ve önceki ile karşılaştırınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Gözlediğiniz iki ac sinyalinin frekanslarını hesaplayınız. Kısaca aralarındaki benzerlikleri ve farklılıkları belirtiniz. Herhangi bir peryodik sinyali dc sinyal ile ac sinyalin toplamı şeklinde düşünebilirsiz. Değerinde, peryodik sinyalin ortalamasına eşit bir dc sinyal ile ortalama değeri sıfır olan ac sinyalin toplamı olarak bulunabilir.

Gözlediğiniz her sinyalin dc veya ortalama değerini, sinyali iki eşit parçaya bölen yatay çizgiyi çizerek ekranın merkezine olan uzaklığı bulunuz (Sinyalin sınırladığı alan yatay çizgiye göre simetrik olmalıdır).

Çiftlenim anahtarını dc den ac ye çevirince ne olduğunu açıklayınız.

KESİM II Sesin Özellikleri

YAPILACAK İŞLER

Deneyin bu kısmında kullanılan düzenek, frekansı 10 Hz-50 KHz arasında olan sinyal üreten bir dalga üreteci (osilatör), bir güç yükselteci (amplifikatörü); ve bir hoparlörden oluşur.

Yükseltecin giriş uçlarını dalga üretecinin çıkışına, çıkış uçlarını da hoparlöre Şekil 18.2'de gösterildiği gibi bağlayınız. Ayrıca osiloskobu da hoparlörün iki uçu arasına bağlayınız. Başlangıçta, osilatörün çıkış kontrol düğmesinin saat ibrelerinin ters yönünde sonuna kadar çevirilmiş olduğundan emin olunuz. Frekans kadranını 300 Hz'e ayarlayınız, osilatörü çalıştırınız. Hoparlörden orta şiddette bir ses çıkıncaya kadar üretecin çıkış sinyalini, çıkış kontrol düğmesini saat ibrelerı yönünde çevirerek arttırınız. Hoparlöre uygulanan gerilimin tepeden-tepeye genliğini osiloskopta ölçünüz. Bu genlik onda birine düşünceye kadar osilatörün çıkış sinyalini küçültünüz. Sesin ne kadar zayıfladığını dikkatle kestiriniz ve kaydediniz. Aynı şeyi gerilim bir on çarpanı kadar daha azaltılınca tekrarlayınız. Gerilimi her defasında on çarpanı ile azaltarak sesin artık duyulmadığı hoparlör gerilimini kaydediniz ve başlangıç değeri ile karşılaştırınız.

Osilatörün çıkış gerilimini orta bir değere ayarlayınız. Frekans kadranını yavaş yavaş yüksek frekans bölgesine çevirerek frekansı arttırınız. (Hoparlöre uygulanan gerilimi sürekli sabit tutunuz). Sesin duyulabildiği en yüksek frekansı belirleyiniz. Aynı işlemi, sesin duyulabildiği en düşük frekansı belirlemek için tekrarlayınız. (Düşük frekanslarda hoparlörün tepkisi zayıfladığı için uygulanan gerilimi arttırmanız gerekebilir).

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

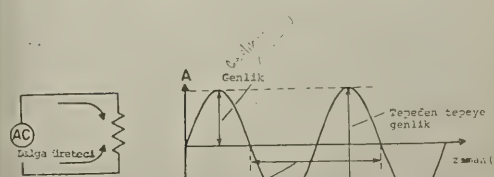
Sesin şiddeti ve frekansına göre insan kulağının duyarlı olduğu aralığı belirleyiniz ve tartışınız. Sürücü gerilimi her on çarpanı kadar azaltınca sesin şiddetinin yaklaşık 100 çarpanı ile azaldığını gözönünde bulundurun.

KAYNAKLAR

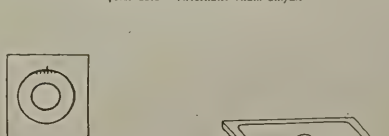
1- Cromer "Physics for the Life Sciences"

2- Berkeley, Fizik Laboratuvarı II, Hacettepe Üniversitesi Yayınları

3- Brophy (Köksal, Kıymaç, Yüksel, Zengin) Çeviri. "Fenciler için Temel Elektronik", Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları



Şekil 18.1 Alternatif Akım Sinyali



Şekil 18.2 Sesin İncelenmesinde Kullanılan Devre Şeması

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD- 18 OSİLOSKOP

KESİM I

VERİLER

1. 4,5 voltluk pille yapılan ölçümler:
   a) Sapma ..... cm = ... volt
   b) Sapma ..... cm = ... volt
   c) Ekranda görülen şeklin çizimi

2. 4,5 voltluk pil ve röle ile yapılan ölçümler:
   a) Çiftlenim anahtarı dc konumunda
      - Şeklin çizimi
      - V_{t-t} =
      - T =
   b) Çiftlenim anahtarı ac konumunda
      - Şeklin çizimi
      - V_{t-t} =
      - T =

3. Transformatör ile yapılan ölçümler:
   a) Çiftlenim anahtarı dc konumunda
      - Şeklin çizimi
      - V_{t-t} =
      - T =
   b) Çiftlenim anahtarı ac konumunda:
      - Şeklin çizimi
      - V_{t-t} =
      - T =

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

1. a) Gözlediğiniz iki ac sinyalin frekanslarını hesaplayınız.
   f_1 =
   f_2 =
   b) İkisinin arasındaki benzerlikler ve farklılıkları belirtiniz.

2. a) Sinyallerin dc veya ortalama değerini bulunuz.
   $V_{ort.1}$ =
   $V_{ort.2}$ =
   b) Çiftlenim anahtarı ac konumunda bu değerler ne olmaktadır.

KESİM II

VERİLER

1. Hoparlör Gerilimi

(Volt)	Ses Şiddeti (Algılanan Şiddet Oranı)

2. Alt Frekans Sınırı: Üst Frekans Sınırı:

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Sürücü gerilimi her on çarpanı kadar azaldığında ses şiddetinin yaklaşık 100 çarpan kadar azaldığını gözleyiniz.

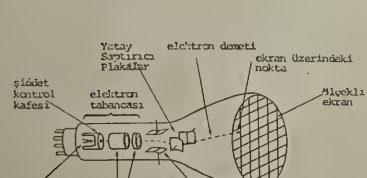
İnsan kulağının duyarlı olduğu frekans aralığını bulunuz.

TARTIŞMA

Yukarıda bulduğunuz sonuçları açıklayınız.

SORULAR

1- Çiftlenim anahtarını dc'den ac'ye çevirince ne olmaktadır?
2- Yukarıda incelediğiniz üç sinyalden hangisi saf dc, ve hangisi saf ac'dir.
3- Osilaskopla ölçebileceğiniz en yüksek ve en düşük frekans nedir?
4- Osilaskopun diğer d'Arsonval tipi ölçü aletlerine göre farkları nelerdir?



Şekil 18.3

TFD- 19 MAGNETİK ALAN

AMAÇLAR

1- Farklı mıknatıslar tarafından meydana getirilen alanları gözlemek,
2- Magnetik alanın bir pusula iğnesi üzerindeki etkisini incelemek,
3- Yerin magnetik alanının yatay bileşenin büyüklüğünü ölçmek.

ARAÇLAR

Demir tozu
Çubuk mıknatıs
U mıknatıs
Selenoid
Pusula
Helmholtz bobinleri
Akım kaynağı
Ampermetre
Kronometre
Cetvel

GİRİŞ

Bir mıknatısın zıt uçları veya kutupları, aynen iki tip elektrik yükünün pozitif (+) ve negatif (-) diye adlandırılması gibi kuzey (N) ve güney (S) diye adlandırılır. Yükte olduğu gibi zıt kutuplar birbirini çeker, aynı kutuplar birbirini iter. Bundan başka bir mıknatısın veya mıknatıs gurubunun bir kutup üzerine yaptıkları etki $\vec{E}$ elektrik alanına karşı gelen $\vec{B}$ magnetik alanı cinsinden uygun bir şekilde tanımlanabilir.

Bir P noktasında bir mıknatısın neden olduğu magnetik alan, P noktasına yerleştirilen bir birim kuzey magnetik kutba etkiyen kuvvete eşittir. Böylece magnetik alan, mıknatısın çevresinde ve her noktada bulunan vektörel bir büyüklüktür. Mıknatısın çevresindeki alan çizgileri çizilerek grafiksel olarak tanıtılabilir (Şekil 19.1). Herhangi bir P noktasındaki $\vec{B}$'nin doğrultusu P'deki alan çizgisine teğettir ve $\vec{B}$'nin büyüklüğü, çizgilerin aralığı ile gösterilir. Çizgiler sıklaştıkça B'nin büyüklüğü artar.

Bir C mıknatısında B'nin yönü kuzey (N) kutbundan güney kutbuna doğrudur. Kutuplar arasında alan çizgileri eşit aralıklarla yerleşmişlerdir. Bu da B'nin büyüklüğünün kutuplar arasındaki bölgede sabit olduğunu gösterir. Bir çubuk mıknatıs durumunda, B'nin büyüklüğü ve doğrultusu çevre uzayda karışık bir şekilde değişir. B'nin büyüklüğü, kutupların civarında en büyüktür.

Belirli bir kaynak tarafından meydana getirilen alan çizgileri bir eksen etrafında serbestçe dönebilen ufak bir çubuk mıknatısla saptanabilir (örneğin, bir pusula iğnesi). Çubuk mıknatıs bulunduğu yerde alan çizgileri boyunca yönelerek magnetik alana cevap verir. Bunun nedeni dış magnetik alanın çubuk mıknatıs üzerine bir moment (tork) uygulamasıdır. Moment hem alan şiddetiyle ve hem de $\vec{B}$'nin doğrultusuyla çubuk mıknatıs arasındaki θ açısının sinüsü ile orantılıdır.

$$\tau \propto B \sin\theta \qquad (1)$$

Daha incelikli bulmak için çubuk mıknatısın güney kutbundan kuzey kutbuna bir ok çizelim. Bu ok çubuk mıknatısın M mıknatıslanma vektörünü gösterir. Şekil 19.2'de görüldüğü gibi çubuk mıknatıs üzerindeki moment (tork) daima M ile B'yi aynı doğrultuya getirecek şekilde etki eder. Bu tip momente (tork) geri çağırıcı moment denir. Çünkü tork mıknatısı magnetik alanla aynı doğrultuya getirmeye çalışır.

Çubuk mıknatıs başlangıçta B ile aynı doğrultuda ise tork sıfırdır ve mıknatıs bu durumda kalacaktır. Eğer çubuk mıknatıs B ile aynı doğrultuda değilse geri çağırıcı kuvvet çubuk mıknatısı B doğrultusu etrafında titreştirir. Mıknatısın titreşim peryodu T alan şiddetinin karakökü ile ters orantılıdır.

$$T \propto \frac{1}{\sqrt{B}} \qquad (2)$$

Bundan dolayı alan nekadar büyükse, peryot o kadar küçüktür. Böylece çubuk mıknatıs daha hızlı titreşecektir. Bu titreşimler en sonunda sürtünme nedeniyle sönerler. Bu temel olarak bir pusulanın çalışma şeklidir. Bir pusula iğnesi basit olarak bir çubuk mıknatısıdır. Kuzey kutbu genellikle renkli uçdur. İğnenin kuzey kutbu daima kuzeyi gösterir. Çünkü yerin bir magnetik alanı vardır. Pusula iğnesi kuzey-güney doğrultusunda durarak bu alana cevap verir. Hatta dünyayı, yaklaşık olarak dönme ekseni boyunca yönelmiş dev bir çubuk mıknatısa benzetebiliriz. Bir pusula iğnesinin kuzeye yönelen ucu boyanarak ve bir çubuk mıknatısın kuzeye yönelen kutbu N harfi işaretlenerek kutuplar bulunabilir. Böylece bir çubuk mıknatısın veya bir pusula iğnesinin uçlarının hangisinin N kutbu ve hangisinin S kutbu olduğunu saptayabileceğimiz bir yol elde ettik.

KESİM I Magnetik Alan Çizgileri

Demir tozlarını mukavva şablonun üzerine serpiniz. Mukavva şablonu ve demir tozlarını birlikte mıknatısın üstüne koyunuz. Demir tozları pusula iğnesi gibi davranarak magnetik alan çizgilerinin doğrultusunda dizileceklerdir. Gördüğünüz deseni rapor defterinize çiziniz. Aynı işlemi uzun çubuk mıknatıs için tekrarlayınız. Sonra selenoidi güç kaynağına bağlayınız. Selenoid'ten2 amper geçecek şekilde kazancı ayarlayınız. Aynı şablon ve demir tozları ile selenoidin içindeki magnetik alan çizgilerini gözleyerek defterinize çiziniz.

KESİM II Titreşici Mıknatısın Kalibrasyonu (Ölçeklendirmesi)

Sistem, bir çift Helmholtz bobinleri, bobinlerin ortasından geçen düz tabla, tablayı ayar için bloklar, demir tozları, küçük bir titreşici mıknatıs (5 cm uzunluğunda bir ucu boyalı çubuk bir mıknatıs, bu mıknatıs ortasından bir naylon iplikle asılmıştır) bir akım kaynağı, bir kronometre, bir ampermetreden oluşmuştur. Helmholtz bobinlerinin ekseni kuzey güney doğrultusunda çalışacak şekilde yönelttiniz. Devreyi Şekil 19.3'de gösterildiği

gibi bağlayınız. Akım kaynağının çıkış kontrol düğmesini tümüyle saat ibrelerinin tersinde çevirdikten sonra (minimum akım durumu) akım kaynağını devreye sokunuz ve ampermetreden 0,5 A okuyuncaya kadar akımı arttırınız. Tablayı, yatay düzlemde, Helmholtz bobinleri sistemini arkadan ikiye bölecek şekilde ayar blokları yardımıyla yerleştiriniz. Tablanın her tarafına idareli kullanarak demir tozu serpiniz. Demir tozları magnetik alan çizgileri boyunca yönelecek şekilde, tablaya birkaç kez hafifçe vurunuz. Pusulayı kullanarak bobinlerin iç ve dış bölgelerinde birkaç noktada alanın yönünü belirleyiniz. B alanının yönünün, N kutbunun gösterdiği yön olduğunu unutmayınız. Rapor kağıdınıza Helmholtz bobinleri tarafından oluşturulan alan çizgilerinin bir şemasını çiziniz.

Akımın yönünü tersine çeviriniz ve yukarıdaki işlemleri tekrarlayınız. Bu durumda alan çizgilerinin şemasını çiziniz ve varsa farkları not ediniz. Güç kaynağını devre dışı bırakınız. Mukavva şablonu kaldırınız ve demir tozlarını kabına koyunuz. Titreşici mıknatısı Helmholtz bobin çiftinin merkezine yatay düzlemde, bobinlerin ana ekseni üzerine yerleştiriniz. Magnetik kutbu titreşici mıknatısla belirleyiniz ve Helmholtz bobinleri çiftini ekseni yerin magnetik alanı doğrultusu ile çakışacak şekilde bobin sistemini çeviriniz.

Güç kaynağını devreye sokunuz ve akımı 0.5 A'e ayarlayınız. Titreşici mıknatısın 50 titreşimi için geçen zamanı ölçünüz ve not ediniz. Titreşimin periyodu, ölçülen zamanın 50'ye bölünmesiyle bulunur. Bobinlerden geçen akımın 1.0, 1.5, 2.0 ve 2.5 A değerleri için ölçmeleri tekrarlayınız. Verilerinizi tamamladığınızda güç kaynağını devre dışı bırakınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

(2) eşitliğinden görüyoruz ki, titreşici mıknatısın bulunduğu yerdeki toplam magnetik alan,

$$B_{top} = \frac{c}{T^2} \qquad (3)$$

ile verilir. Burada c orantı katsayısıdır. Helmholtz bobinleri tarafından meydana getirilen magnetik alan tesla birimiyle (T)

$$B_H = (9.0 \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}) \cdot \frac{n.I}{r} = kI \qquad (4)$$

şeklinde verilir. Burada n herbir bobindeki sarım sayısı, r herbir bobinin

yarıçapı (metre olarak) ve I (amper olarak) bobindeki akımdır. (3) ve (4) eşitliklerini birleştirirsek,

$$\frac{1}{T^2} = (\frac{1}{c})(B_H + B_y) = \frac{1}{c}(B_y + kI) \qquad (5)$$

Burada B_y yerin magnetik alanının yatay bileşenidir. k sabitinin değerini, Denklem (4)'den, Helmholtz bobinlerinin verilen fiziksel karakteristiklerinden yararlanarak hesaplayınız.

Grafik kağıdına $1/T^2$ 'ye karşı I değerlerini işaretleyiniz. Deneysel noktalarınızla en iyi uyumu sağlayan doğruyu çiziniz ve s eğimini bulunuz.

$$c = \frac{k}{s} \qquad (6)$$

değerini hesaplayınız. Şimdi titreşici mıknatıs ölçeklendirilmiştir. Öyleki titreşici mıknatısın bulunduğu konumdaki magnetik alanın değeri, doğrudan (2) denklemi kullanılarak titreşim peryodundan saptanabilir.

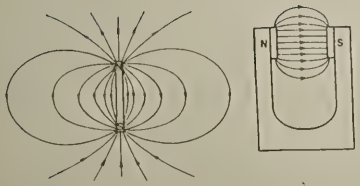
KESİM III Yerin Magnetik Alanı

YAPILACAK İŞLER

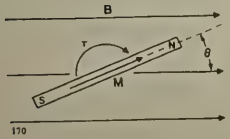
Titreşici mıknatısı mümkün olduğu kadar demir ve çelikten yapılmış cisimlerden (özellikle duvarların içinde bulunabilecek demir aksamından) uzakta yerleştiriniz. 20 titreşim için zamanı ölçünüz ve not ediniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Yerin magnetik alanının yatay bileşeninin büyüklüğünü Denklem (3)'den hesaplayınız. Ölçülen değerle, kaynakların verdiği (bulunduğunuz bölge için) değeri kıyaslayınız.

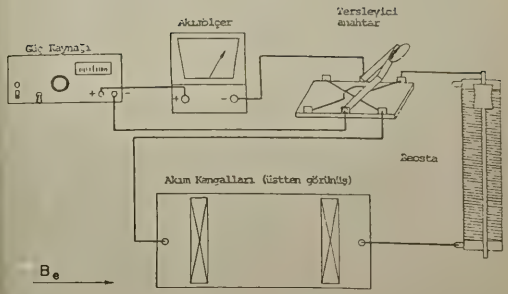


Şekil 19.1 a) Bir Çubuk Mıknatıstа
b) Bir C Mıknatısında
Magnetik Alan Çizgileri



170

Şekil 19.2 Düzgün Bir B Magnetik Alanı İçinde
Bulunan Çubuk Mıknatısı Etkiyen Tork (Moment)



Şekil 19.3. Helmholtz Akım Kangalları
Devresi

DENEY RAPORU

Bölüm :
No :
Adı Soyadı:
Tarih :

TFD- 19 MAGNETİK ALAN

VERİLER VE ÇÖZÜMLENMESİ

I) MAGNETİK ALAN ÇİZGİLERİ

Çubuk mıknatısı, c mıknatısı ve elektromıknatısı kullanarak gözlenen alan çizgilerini çiziniz.

II) TİTREŞİCİ MIKNATISIN ÖLÇEKLENDİRİLMESİ

Bobindeki akımın yönü değiştiğinde gözlenen etkileri açıklayınız, kaydediniz.

I akımının değişik değerleri için çubuk mıknatısın (veya pusulanın) T periyodunu kaydediniz. Helmhotz bobinlerinin magnetik alan çizgilerini çiziniz.

Akım I(A)	n=20 Titreşim İçin Geçen Zaman t(s)	Periyot T(s)	T^2 (s^2)	$1/T^2$ (s^{-2})

Helmholtz bobinlerinin fiziksel özellikleri:

Her bobindeki sarım sayısı, n= ..... sarım
Bobinlerin yarıçapı, r = ... m

$1/T^2$'ye karşılık I akımının grafiğini çiziniz. Veri noktalarınızla en iyi uyumu sağlayan doğruyu çiziniz ve eğimi (s) hesaplayınız. Buradan da C= k/s kalibrasyon sabitini hesaplayınız. Aynı grafikten yerin magnetik alanını hesaplayınız.

s = ... $\frac{I}{Amp.s}$

$k = (9x10^{-7}(\frac{Tesla.m}{Amp.})(\frac{n}{r}) =$ ..... $\frac{Tesla}{Amper}$

III. YERİN MAGNETİK ALANI

100 titreşim için geçen zaman = ... s
Periyot, T = ... s

Yerin magnetik alanını hesaplayınız.

$B_e = \frac{c}{T^2}$ = ... Tesla

SORULAR

1- B_r için Handbooktan elde edilen değerle deneyde elde edilen değeri karşılaştırınız.

2- Yerin magnetik alanının sadece yatay bileşenini ölçtünüz. Oysa düşey yönde daha büyük bileşen var. Titreşim mıknatısı bu bileşene neden duyarlı değildir?

3- $1/T^2$ nin I'ya karşı çizilen grafiğinin neden orijinden geçmediğini açıklayınız.

4- Çok büyük magnetik alanları ölçmede çubuk mıknatısın kısıtlamaları nelerdir?

5- Yerin magnetik alanını bir çubukla gösterilebileceğini düşünürsek N ve S harflerinden hangisi mıknatısın yerin kuzey coğrafi kutbunun yakınında bulunan ucunu gösterir?

6- Bir çubuk mıknatıs üzerine magnetik alan tarafından uygulanan torku magnetik kutupların çekme veya itme özelliklerini kullanarak açıklayınız.

TFD- 20 ALTERNATİF AKIM DEVRELERİNİN ÖZELLİKLERİ

AMAÇLAR

1- Direnç, indüktans ve sığa (kondansatör) bulunan basit alternatif akım devrelerinin incelenmesi,

2- Seri bağlı direnç, indüktans ve sığa devrelerinde rezonans şartlarının incelenmesi,

3- Alternatif akım devrelerinde güç ölçmek.

ARAÇLAR

AC ampermetre
AC voltmetre
Reosta
Sığa
İndüktans
İzolasyon Transformatörü
Bağlama kabloları

GİRİŞ

Bir devreden geçen akımın şiddeti ve doğrultusu periyodik olarak değişiyorsa bu akıma alternatif (değişken veya ac) akım denir. Böyle bir akım, t zamanına bağlı olarak,

$$I = I_o \cos \omega t \qquad (1)$$

şeklinde ifade edilir. Akım birim zamanda telin herhangi bir kesitinden geçen yük miktarı olarak tanımlanır. Denklem (1)'de I, herhangi bir t anında devreden geçen akım şiddetini, I_o da akımın maksimum değerini gösterir. Akımın frekansı f olmak üzere $\omega = 2\pi f$ dir.

Değişken akım devrelerinde akıma karşı gösterilen direnç, doğru akım devrelerindeki dirençten daha karmaşıktır. Bu devrelerin dirençlerine etki eden üç özellik ohmic direnç, sığa ve indüktans'tır. bunlar kısaca R, C, L harfleri ile gösterilirler. Bundan sonra ohmic dirençten kısaca direnç diye söz-edeceğiz.

Sadece direnç bulunan bir AC devresinde akım ve gerilim aynı fazdadır ve devredeki P gücü, V gerilimi ile I akımının çarpımına eşittir.

$$P = V \cdot I \qquad (2)$$

Eğer devrede sadece sığa varsa, uçları arasındaki gerilimi geciktirir ve gerilimin fazı akımın fazından 90° geri kalır. Sığa tarafından elektron akmasına karşı oluşturulan direnç sığasal reaktans (capacitive reactance) olarak adlandırılır. Bu nicelik,

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \qquad (3)$$

formülü ile verilir, ohm birimleriyle ölçülür. Burada C sığanın değerini göstermektedir ve farad birimi ile ölçülür.

Eğer devrede sadece indüktans varsa, devreden geçen akım geçiktirilir ve akımın fazı gerilimin fazından 90° geri kalır. İndüktans tarafından elektron akmasına karşı oluşturulan direnç de indüktif reaktans (inductive reactance) olarak tanımlanır ve

$$X_L = 2\pi fL \qquad (4)$$

ifadesi ile verilir, ohm birimleriyle ölçülür. Burada L devre elemanının indüktansını gösterir ve birimi henry'dir. Göze çarpacak kadar büyük

indüktansı olan devre elemanlarına indüktör veya indüktans yada bazı uygulamalarda tıkaç (choke) denir. Bunlar aynı destegin üzerine yanyana sarılmış birçok tel sarımlardan oluşmuştur.

AC devrelerinde genellikle R, C, L elemanlarından ikisi yada üçü birlikte bulunur. Elektrik akımına karşı toplam net direnç Z harfiyle gösterilir ve dalga direnci (impedans) diye adlandırılır. AC devreleri için ohm yasası

$$I = \frac{V}{Z} \qquad (5)$$

şekline girer. Sığa, direnç ve indüktansın seri olarak bulunduğu bir ac devresinde, RCL arasındaki ilişkiyi vektör modeliyle basitçe açıklayalım. R tek başına faz kaymasına neden olmaz. C tek başına 90°'lik faz kaydırır (akım gerilimden 90° ileri) ve L tek başına ters olarak 90° lik faz kaydırır (gerilim akımdan 90° ileri) RCL arasındaki ilişkiyi tanımlamak için, aşağıda açıklanacağı gibi, vektörler kullanılır (Şekil 20.1'e bakınız). Önce R ohmik direnç vektörü yatay ölçekte işaretlenir. X_L selfsel direnç vektörü, R vektörünün ucundan yukarı doğru 90°'lik açı altında işaretlenir. X_C sığasal direnci de yine R vektörünün ucundan, fakat aşağı doğru 90° açı altında işaretlenir. Net reaktans X, X_L ve X_C vektörlerinin toplamına eşittir. R 'nin ve X in toplam vektörü Z, dalga direnci (impedans) vektörünü verir. Vektör şemasından,

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \qquad (6)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC})^2}$$

Şekil 20.1'deki, faz açısı olarak bilinen ϕ açısı gerilim ile akım arasındaki açıyı tanımlar. Eğer ϕ, R ekseninin üzerinde ise X_L, X_C den büyüktür ve gerilim akımdan öndedir. Eğer ϕ, R ekseninin altında ise X_C, X_L den büyüktür ve akım faz bakımından gerilimden öndedir.

Eğer $X_L = X_C$ (seri rezonans koşulu) ve $\phi = 0$ ise gerilim ile akım aynı fazdadır. Bu koşul elde edildiğinde, bir ac devresindeki güç aynen bir dc devrede olduğu gibi basitçe akımla gerilimin çarpımına eşittir.

X_L ve X_C eşit olmadığında devredeki gerçek güç, görünen güç değeri olan VI dan daha azdır. Gerçek gücün, görünen güce oranı güç

faktörü olarak adlandırılır.

Görünen güç = $V.I = \frac{V^2}{R}$,

Gerçek güç = V^2/Z dir. Burada Z devrenin impedansıdır.

Güç faktörü $= \frac{\text{Gerçek güç}}{\text{Görünen güç}} = \frac{R}{Z}$

Şekil 20.1'den

$\frac{R}{Z} = \text{Cos } \Phi$

Güç faktörü (G.F) = Cos Φ

Buna göre, bir ac devresindeki gerçek güç

$P = VI \text{ Cos } \Phi$

dir.

YAPILACAK İŞLER

KESİM I RCL Devresi

Reosta ve ampermetreyi, RCL devresine Şekil 20.2'deki gibi seri bağlayınız. Düzeneği şehir gerilimine bağlamadan önce devreyi yöneticinize kontrol ettiriniz. Reostayı devreden 0,3 amper geçecek şekilde ayarlayınız. Daha sonra voltmetre ile R, C, L ve Z nin uçları arasındaki potansiyel farklarını ölçün. Ölçü sonuçlarını çizelgeye geçiriniz. İkinci olarak, akımı 0,325 ampere arttırıp tekrar R, C, L ve Z nin uçları arasındaki potansiyel farklarını ölçün. 0,025 amp.lik adımlarla 0,6 ampere kadar ölçmeleri yapınız.

KESİM II RL Devresi

Sığanın uçlarını kısa devre yapınız ve sadece R,L ve Z nin bulunduğu bu devrede Kesim I'deki gibi bir seri ölçü alınız. Ölçü sonuçlarını Çizelge II'ye geçirin.

KESİM III

Selfin uçlarını kısa devre yapınız ve sadece R , C ve Z nin bulunduğu devrede öncekilere benzer şekilde bir seri ölçü alınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

KESİM I

a) Grafik kağıdı üzerinde, yatay eksende okunan akımı, düşey eksende de potansiyel farklarını göstererek R , C , L ve Z nin herbiri için birer grafik çizin. Bu grafiklerin bunlardan hangisine ait olduğunu belirtmek için ayrı işaretler kullanınız.

b) C , Z ve R nin grafikleri doğrusal olduğu halde, L nin grafiğinin bir eğri olduğuna dikkat edin. Bunun nedeni, bir demir nüvenin (çekirdek) mıknatıslanma derecesinin uygulanan akımla değişmesi, başka bir deyişle nüvenin magnetik "saturasyona" (doygunluğa) götürülmesidir.

c) Denklem 20.5'den (Z = V/I) her elemanın ve seri haldeki devrenin toplam impedansı eğrilerin eğiminden elde edilebilir. (Bir eğrinin herhangi bir noktadaki eğimi bu noktadaki teğetin eğimine eşittir. Her bir durumdaki noktalarınızın incelenmesi V/I oranının sağlandığını gösterecektir.) Self eğrisi için 0,4 amp akım değerinin olduğu noktada bir teğet çizin ve Z nin bulunmasında bu teğetin eğimini kullanın. Böyle bir çözümlemeden R, X_L , X_C ve Z'yi bulunuz. Başka bir grafik kağıdına, hesaplanmış R , X_L ve X_C değerlerini kullanarak bir vektör diagramı çizin. Burada Z yi vektörel olarak çözünüz ve sonucu daha önce bu kesimde bulduğunuz sonuçla karşılaştırınız.

KESİM II

İşlemlerinizi yukarıdaki gibi, RL devresi için tekrarlayın.

KESİM III

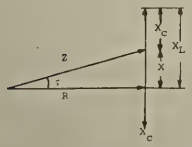
İşlemleri RC devresi için tekrarlayın.

KESİM IV

$X_L = 2\pi fL$ ve $X_C = 1/2\pi fc$ olduğunu hatırlayarak, frekansın 50 hertz olduğu ve I =0,4 amp olduğu bir durumda L yi milli Henry ve C yi mikrofarad olarak bulunuz. Bütün bu sonuçları bir çizelgede gösteriniz.

KAYNAKLAR

1- Cromer,"Physics for the Life Sciences"
2- Zafiratos, "Physics", John Wiley and Sons Inc. 1976.



Şekil 20.1 Selfsel Direnç, Sığasal Direnç, Net Reaktans, İmpedans ve Faz Açısının Vektörel Gösterimi

Şekil 20.2. LRC Devre Diyagramı

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD- 20 ALTERNATİF AKIM DEVRELERİNİN ÖZELLİKLERİ

KESİM I Rol Devresi

ÇİZELGE I

Akım (amp)	Devre Elemanlarının Uçları Arasındaki Potansiyel Farkları (Volt)			
	R	C	L	Z

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

KESİM II RL Devresi

ÇİZELGE II

Akım (amp)	Devre Elemanlarının Uçları Arasındaki Potansiyel Farkları (Volt)		
	R	L	Z

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

KESİM III RC Devresi

ÇİZELGE III

Akım (amp)	Devre Elemanlarının Uçları Arasındaki Potansiyel Farkları (Volt)		
	R	C	Z

SORULAR

1- Sığacın uçları arasındaki gerilim neden tek başına tüm devredeki gerilimden büyük oluyor?

2- Seri rezonans ne demektir?

3- Faz açısını ve bunun bir vektör diagramında nasıl bulunacağını açıklayınız.

4- Güç faktörünü bir vektör diagramında gerçek ve görünür güç terimleriyle açıklayınız.

5- Bir selfli devrenin güç faktörü nasıl düzeltilir? Diyagramları kullanarak açıklayınız.

TFD- 21 ÇEKİRDEK IŞIMASININ ÖLÇÜLMESİ

AMAÇLAR

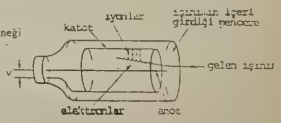
1- Geiger Müller tüpü ile çekirdek ışımasının ölçülmesini öğrenmek.

2- Nokta kaynaktan çıkan çekirdek ışımasının şiddetinin $1/r^2$ yasasına uygudunu göstermek.

3- Kurşun ve aliminyum içinde gama ışınlarının yarı-kalınlık değerini ölçmek.

ARAÇLAR

Geiger Müller tüpü ve sayma düzeneği
Kronometre
Gama ışın kaynağı
Kurşun ve aliminyum soğurucular



(a)

(b)

GİRİŞ

İşınetkin (radyoaktif) çekirdekler genellikle alfa ya da beta parçacıkları yayınlayarak bozunurlar. Bir alfa parçacığının helyum çekirdeği ($_2^4He$) olması nedeni ile, bir alfa parçacığı yayınlanması sonucu doğan ürün çekirdeğin proton ve nötron sayıları ana çekirdeğinkinden ikişer tane daha azdır. Örneğin $^{238}_{92}U$ alfa parçacığı yayınlayarak $^{234}_{90}Th$ 'a dönüşür. Çekirdek tarafından yayınlanan alfa parçacıkları yolları üzerindeki atomların elektronlarıyla bir seri çarpışmalar yaparak durgun hale

gelebilirler. Havadaki yollarının kısa olması nedeniyle, alfa parçacıkları ile basit fizik laboratuvarlarında çalışmak zordur.

Gerçekte elektron olan bir beta parçacığı çekirdek içindeki bir nötronun kendiliğinden bir proton haline dönüşmesi sırasında yayınlanır. Bir beta parçacığı yayınlayarak oluşan ürün çekirdekte ana çekirdeğe göre bir fazla proton ve bir eksik nötron bulunur. Örneğin $^{137}_{55}Cs$ bir beta parçacığı yayınlayarak $^{137}_{56}Ba$ 'ya dönüşür.

Beta parçacıklarının yolları alfa parçacıklarına göre kütlelerinin küçük olması nedeniyle daha uzundur. Düşük enerjili beta parçacıkları (< 1 MeV) 5 mm'den daha ince plastik ve 1 mm'den daha ince kurşun ile durdurulabilir. Çoğunlukla alfa ve beta bozunmasına gama ve x-ışını gibi çok kısa dalga boyundaki ışımalar eşlik eder. Örneğin ^{137}Cs'un ancak % 4'ü doğrudan (taban enerji seviyesindeki ^{137}Ba'ye) bozunur. Diğer % 96'sı ^{136}Ba'nın uyartılmış bir durumuna bozunur, daha sonra uyartılmış bir atomun düşük enerjili bir foton (ışık kuantumu) salarak atomik taban enerji seviyesine bozunması gibi, yüksek enerjili bir foton (gama ışını) salarak taban enerji seviyesine bozunur. Bu deneyde çekirdek bozunmasına eşlik eden gama ışınları kullanılacaktır.

Yüklü parçacıkların bir dizi çarpışmalar sonucu enerjilerini yavaş yavaş kaybetmelerine, karşın gama ışınları bütün enerjilerini bir tek etkileşme ile kaybedebilirler. Örneğin, bir gama ışın fotonu bir atomun elektronuyla etkileştiği zaman fotonun tüm enerjisi elektrona aktarılması sonucunda elektron büyük bir kinetik enerji ile atomdan sökülür. Bu olay, bir fotonun yok olması yüksek enerjili bir elektronun ortaya çıkması ile sonuçlanır.

Bir gamma ışınının bir elektronla etkileşmesinden önce alacağı yol, önceden saptanamaz. Tek saptanabilen şey, gamma ışınının % 50 etkileşme şansına sahip olduğu uzaklıktır. λ "yarı kalınlık" değeri olarak adlandırılan uzaklık gamma ışınının enerjisine ve içinde yolaldığı maddenin yoğunluğuna bağlıdır. Bu deneyde gama ışınlarının kurşun ve alüminyumun içindeki yarı-kalınlık değerleri ölçülecektir.

Çekirdek ışıması, Geiger Müller (G.M.) tüpü diye adlandırılan ekseninden ince bir tel geçen metal bir gaz deşarj tüpünden oluşmuş bir aygıtla algılanır (Şekil 21.1). Tel, tüpün çeperlerine göre büyük bir pozitif potansiyelde (+ 500V civarında) tutulur. Tüp içinde 10 cm civa basıncından bir asal gaz bulunur. İçinde gaz bulunan tüpten yüklü tek bir parçacık geçerse bu parçacık bir veya daha fazla atomu iyonlaştırarak birkaç

elektron serbest hale gelir. Bu elektronlar tele doğru ivmelenirken yolları üstündeki diğer atomları da iyonlaştırırlar. Bu ilave elektronlar, her defasında tele doğru ivmelendikçe daha çok atomu iyonlaştırırlar. Bir zincir reaksiyonu oluşur ve tüpün içinde ki ince tel boyunca bütün gaz hızla iyonlaşır. Sonuç olarak gaz elektrik olarak iletken hale gelir ve tüpte bir anlık artan akım oluşur. Bu akım atması (puls) bir yükseltece (amplifikatöre) gider, onun çıkışı bir sayacı çalıştırır. Bu sayaç tüpten her geçen yüklü parçacığın oluşturduğu elektriksel boşalmayı kaydeder.

G.M. tüpleri gamma ışınlarını doğrudan algılayamazlar. Buna rağmen tüpe giren gamma ışınlarının küçük bir oranı (% 2 civarında) atomlardan elektron sökerler. Elektronlarda, tüpte boşalma oluştururlar. Böylece G.M. sayacı "içinden geçen" gamma ışınlarının belli bir kesimini algılayabilir.

YAPILACAK İŞLER

Gamma ışınları çekirdek ışıması yapan kaynaktan her doğrultuda yayınlanırlar. Bu ışınlar diğer ışınımlar gibi, düzgün bir doğrultuda giderler, öyleki ışın-etkin (radyoaktif) ışınımların şiddeti kaynaktan olan uzaklığın karesi ile azalır (Cromer, Physics for life Sciences Böl. 13.3). Işınımların ölçülmesine bir giriş olarak şiddetin, uzaklığa bağlılığı incelenecektir. Yöneticiniz, G.M. tüpünü sayaca nasıl bağlanacağını ve sayacın nasıl başlatılıp, durdurulacağını size gösterecektir. Sayacın çalışmasını anladıktan sonra, G.M. tüpünü sabit yatay bir konumda yerleştiriniz ve ışınetkin kaynağı Geiger tüpünden en az 2 metre öteye koyunuz. Sayacı başlatınız ve çevre ışınımlarını (doğal fon) 5 dakika için sayınız. Dış uzaydan yeryüzüne gelen kozmik ışınları yüzünden her zaman için bir miktar ışınım mevcuttur. Sonuçlar özel olarak incelenmeden, ölçü sonuçlarından doğal fon saymaları çıkarılmalıdır. Duyarlıkla ölçtüğünüz sayma zamanlarını ve sayma sayılarını not ediniz.

Işınetkin kaynağı G.M. tüpüne paralel olacak şekilde ve duyar bölgenin ortasının karşısına yerleştiriniz (Şekil 21.1). Tüpün orta çizgisinden, kaynağın merkezine olan r uzaklığını ölçünüz. r , 4 cm ile 30 cm arasında olacak şekilde bir dizi ölçme yazınız (ölçme süresi kaynak şiddetine göre ayarlanmalıdır). Eğer tüpün yan kısmında ince bir pencere

varsa bu pencereyi kaynaktan öteye çeviriniz gamma ışınları tüpün duvarından geçerler, fakat alfa parçacıkları ve beta parçacıkları tüpün çeperleri tarafından durdurulurlar.

KESİM I $1/r^2$ Yasası

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Çevre sayma sayısı, sayma zamanına bölerek, çevre sayma hızını (R_B) dakikada sayma cinsinden hesaplayınız. Ölçtüğünüz sayma hızından çevre sayma hızını (R_B) çıkartarak, her ölçme için düzeltilmiş (R) sayma hızını elde ediniz. R 'yi $1/r^2$ 'ye göre çiziniz, burada r kaynak ile dedektör arasındaki uzaklıktır. Noktalar başlangıç noktasından geçen düzgün bir çizgi üstünde olmalıdır.

KESİM II Gamma Işını Soğurulması

YAPILACAK İŞLER

G.M. tüpünü, düşey konumda kaynaktan 5 cm yukarıda bir yere yerleştiriniz. Once kaynağı uzaklaştırarak doğal fonu (çevre sayma hızını) ölçünüz. Kaynağı tekrar eski yerine yerleştirerek 1 dakika için sayma sayısı alınız. Kaynağın üzerine ardıardına kurşun levhalar koyarak 1 dak. saymalar alınız. Sayma hızı kurşun levhalar yokken ki saymanın 1/10'un dan daha az oluncaya kadar, levhalar ekleyerek saymaya devam ediniz.

Kurşun yerine alüminyum levhalar koyarak deneyi tekrar ediniz. Kurşun ve alüminyum levhaların kalınlıklarını ölçünüz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Her ölçme için düzeltilmiş sayma hızını hesaplayınız. Gamma ışını şiddeti, soğurucunun kalınlığı ile üstel olarak azalır. Bu matematiksel olarak

$$I = I_0 e^{-d/\lambda} = I_0 2^{-d/\lambda}$$

formülü ile ifade olunur. Burada I_0, soğurucuya giren ışınımın şiddetini, I'da ışınımın d kalınlığındaki soğurucuyu geçtikten sonraki şiddetini ve

λ 'da yarı-kalınlık değerini göstermektedir. Bu denklemin her iki tarafının logaritmasını alırsak,

$$\log I = \log (I_0 2^{-d/\lambda})$$

$$= \log I_0 - (d/\lambda) \log 2$$

$$= A - Bd$$

elde ederiz. Burada $A = \log I_0$ ve $B = \lambda^{-1} \log 2$ sabitleridir. R sayma hızı I şiddeti ile orantılı olduğundan, $\log R$ 'nin d 'ye karşı çizilen grafiği doğrusal olmalıdır.

Kurşun ve alüminyum soğurucular için R 'yi d 'ye karşı, yarı logaritmik grafik kağıdına işaretleyiniz, verilerinize en uygun doğruları çiziniz, alüminyum ve kurşun için R 'nin 2 faktörüyle azaldığı kalınlık olan yarı-kalınlık değerlerini belirleyiniz.

Yöneticiniz, kaynaktan gelen gama ışınlarının enerjisini size söyleyecektir. Çünkü λ yarı-kalınlık değeri, gama ışınının enerjisine bağlı olduğundan bu bilgiyi not ediniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Düzeltilmiş sayma hızı R 'yi bulunuz ve çizelgeyi tamamlayınız; yarı logaritmik kağıda d 'ye karşı R 'yi her soğurucu için işaretleyiniz. Her soğurucu için yarı-kalınlık değeri λ 'yı bulunuz.

λ_{Pb} =

λ_{Al} =

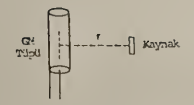
Gamma ışını enerjisi=

Not: Yanınızda yarı logaritmik kağıt bulundurunuz.

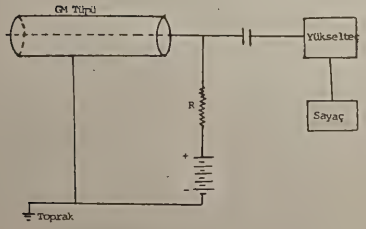
KAYNAKLAR

1- Cromer, Physics for the Life Sciences, Böl. 20.1, 20.2 ve 20.4.

2- H. Semat (R. Nasuhoğlu, B. Tanyel), Çeviri, Atom ve Çekirdek Fiziğine Giriş, Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi Yayınları.



Şekil 21.1 GM Tüpünün Şematik Gösterimi



Şekil 21.2 $1/r^2$ Yasasının Deneysel Şeması

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD- 21 ÇEKİRDEK IŞIMASININ ÖLÇÜMÜ

KESİM I $1/r^2$ Yasası

VERİLER

Doğal fon: Sayma sayısı, N=
Sayma zamanı, t = dak.
Sayma hızı, say/dak.

Uzaklık r (cm)	Saymaların Sayısı N (Sayma)	Zaman t (dak)	Ölçülen Sayma Hızı R' (say/dak)	Düzeltilmiş Sayma Hızı R (say/dak)	$1/r^2$ (cm^{-2})

Düzeltilmiş R sayma hızlarını bulunuz ve çizelgeyi tamamlayınız. $1/r^2$'ye karşı R' yi işaretleyiniz.

KESİM II Gamma Işını Soğurulması

VERİLER

Doğal fon: Sayma sayısı, N=
Sayma zamanı, t= dak
Sayma hızı, say/dak

Soğurucu	Levha Sayısı n	K alınlık d(nΔ)	Sayma Sayısı N	Zaman t (dak)	Ölçülen Sayma Sayısı R' say/dak	Düzeltilmiş Sayma Hızı R say/dak
Kurşun her levhanın kalınlığı Δ =						
Alüminyum her levhanın kalınlığı Δ =						

KESİM I İLE İLGİLİ SORULAR

1- r çok küçük olduğu zaman niçin sizin verileriniz $1/r^2$ yasasına uymaz?

2- Nokta bir kaynaktan, her doğrultuda düzgün olarak yayılan ışınımların niçin $1/r^2$ yasasına uyması gerektiğini açıklayınız.

3- logR'nin logr'ye karşı çiziminde düzgün bir doğru verir.
a) Bu doğrunun eğimi nedir?
b) $1/r^2$ yasasını doğrulamak için log-log grafiğinin çizimi, niçin R'ye karşı $1/r^2$ nin grafiğinin çiziminden daha iyidir?

KESİM II İLE İLGİLİ SORULAR

1- Kaynaktan gelen gamma ışınlarının şiddetini 10 faktörü kadar azaltmak için gerekli kurşun kalınlığı ne olmalıdır?

2- 1 MeV'lik gamma ışınları için R'nin d'ye karşı grafiğini yarı logaritmik kağıda çiziniz. 1 MeV'lik gammaların kurşun içindeki yarı-kalınlık değeri 0.89 cm'dir. 1 MeV'lik gamma ışınlarının şiddetini 20 faktörü kadar azaltan kurşun kalınlığı nedir?

TFD-22 DALGA BİÇİMİ ÖLÇÜMLERİ

AMAÇLAR

1- Osiloskobun kullanılmasının öğrenilmesi
2- Osiloskop yardımıyla bir AC gerilimin etkin ve maksimum (genlik) değerlerinin ölçülmesinin öğrenilmesi
3- Osiloskop yardımıyla bir AC gerilimi frekansının ölçülmesi
4- Yarım-dalga ve tam-dalga doğrultucuların özelliklerinin öğrenilmesi

ARAÇLAR

Sinyal üreteci (0-1MHz)
Osiloskop
AC voltmetre
220V giriş 6V ve 12V çıkış
4W gücünde transformatör
Devre tablası
Muhtelif direnç ve bağlantı kabloları

GİRİŞ

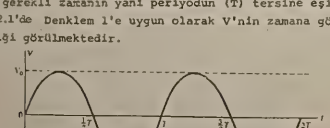
Deney 18'de osiloskobu genel olarak tanıdık ve bu önemli ölçü aleti ile nasıl ölçü alınacağını öğrendik. Bu deneyde zamanla periyodik olarak değişen akım ve gerilimleri dikkate alatağız. Bu tip akım ve gerilimlerin değişik özelliklerinin osiloskopla nasıl ölçüleceğini ayrıntılı olarak inceleyeceğiz.

Çok yaygın olarak kullanılan bir alternatif gerilim ve akım türü, zamanın sinüssel bir fonksiyonudur.

Genellikle alternatif (AC) güç kaynakları ile elde edilen, evlere ve iş yerlerine verilen akım bu türdendir. Bunlara ek olarak, osilatörler de (sinyal üreteçi) sinüssel alternatif gerilim kaynaklarıdır. Bir sinüssel gerilim,

$$V(t)=V_o \sin 2\pi ft \qquad (1)$$

şeklinde bir denklemle tanımlanabilir. Bu ifade V_o, V(t) nin alabileceği en büyük değerdir. f frekanstır ve tam bir devir için gerekli zamanın yani periyodun (T) tersine eşittir. Şekil 22.1'de Denklem 1'e uygun olarak V'nin zamana göre değişim grafiği görülmektedir.



Şekil 22.1

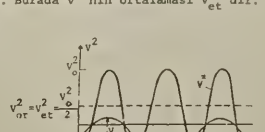
Bir alternatif gerilimin büyüklüğü V_o genliği ile tanımlanabilirse de pratikte daha yaygın olarak "etkin" değer kullanılır. Bir V geriliminin etkin değeri V^2 nin zamana göre ortalama değerinin kareköküne eşittir. Sözkonusu ortalama alma işlemi bir periyodluk süreç için yapılabileceği gibi,

çok sayıda periyod içeren bir süreç için de yapılabilir. Alternatif gerilimin ilk bakışta keyfi seçilmiş gibi görünen bu değerinin önemi dirençte açığa çıkan gücün bilinmesiyle anlaşılır.

Bir t anında bir direncin uçları arasındaki gerilim V, dirençten geçen akım da I ise bu anda dirençte açığa çıkan güç,

$$P=VI=\frac{V^2}{R} \qquad (2)$$

ile verilir. Eğer zaman içinde gerilim değişirse, ortalama güç P_{or}, V^2'nin zaman ortalaması ile $1/R$'nin çarpımına eşittir. Burada V^2'nin ortalaması V_{et}^2 dir. $P=\frac{V_{et}^2}{R}$



$V_{et}=\frac{V_o}{\sqrt{2}}$

Şekil 22.2

V_{et} gerilimini bir matematiksel ifade ile tanımlamak istersek,

$$V_{et}=\left(\frac{1}{T}\int_0^T V^2 dt\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (3)$$

denklemi yazılabilir. Bu denklemde V'nin değeri yerine konup integral alınırsa,

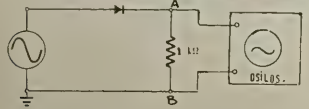
$$V_{et}=\left(\frac{1}{T}\int_0^T (V_o^2 \sin^2 2\pi ft)\, dt\right)^{\frac{1}{2}}=\frac{V_o}{\sqrt{2}}$$

sonucu bulunur.

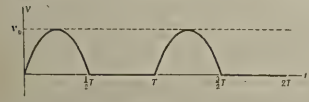
Hat gerilimi 220V dendiği zaman, hat geriliminin etkin değerinin V_{et}=220V olduğu anlaşılır. Örnek olarak üzerinde 220V, 100W yanan bir lamba 220V'luk hat geriliminde ortalama olarak 100W'lık bir güç harcar. Ortalama güç, V_{et} değerine,

$$P_{or} = \frac{V_{et}^2}{R} \qquad (5)$$

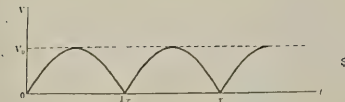
eşitliği ile bağlıdır. Bir alternatif akım, gerektiğinde diyod denilen devre elemanları yardımı ile doğru akıma (DC) çevrilir. İdeal bir diyod, üzerinden geçen akıma bir yönde sıfır direnç gösterirken, ters yönde sonsuz direnç gösterir. Pratikte kullanılan diyodlar için bu söylenilenler yaklaşık olarak geçerlidir. Tek diyodla yapılan doğrultuculara yarım dalga doğrultucu denir. Şekil 22.3a' da görülen V_{AB} geriliminin osiloskopta elde edilen V=V(t) grafiği Şekil 22.3b'deki gibidir.



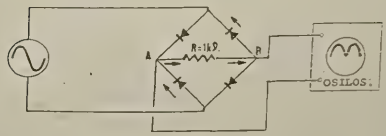
Şekil 22.3



Doğrultucuların bir başka tipi de diyodların bir tam-dalga doğrultucu olarak düzenlenmesidir. Bu tip doğrultucu, bir periyodun negatif yarısını tutacak yerde Şekil 22.5'deki gibi bir tam dalga biçimi gösterir. Çok kullanılan bir tür tam dalga doğrultucu devrede Şekil 22.5'deki gibi düzenlenmiş dört diyod bulunur. Başka tipte düzenlenmiş tam-dalga doğrultucuları da vardır.



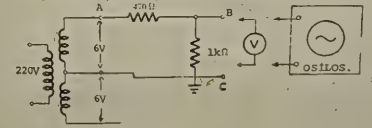
Şekil 22.4



Şekil 22.5

KESİM I Osiloskop ile AC Gerilimi Ölçümü

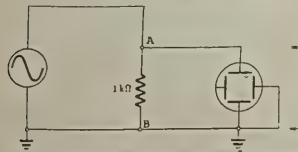
Şekil 22.6'daki devreyi kurunuz. Osiloskobun düşey saptırıcı levhalarına uygulanan gerilimi kontrol eden (vertical amplifier) anahtarını 2V/cm konumuna getiriniz. Yatay saptırıcı levhalara uygulanan gerilimin frekansını kontrol eden zaman/cm (time/division) anahtarını 10ms/cm konumuna getiriniz. Dirençlerin uçları arasındaki potansiyel farklarının etkin değerlerini osiloskop ve AC voltmetresi ile ölçünüz. Rapor kağıdındaki Çizelge 1'i ölçü sonuçları ile doldurunuz.



Şekil 22.6

Şekil 22.7'deki devreyi kurunuz. Sinyal üretecinin frekansı 50Hz iken A ve B noktaları arasındaki gerilimi V_{et}=6V

olacak şekilde (çıkış düğmesini) ayarlayınız.



Şekil 22.7

Frekansı 50Hz, 500Hz, $5x10^3$Hz, $5x10^4$Hz olarak değiştirerek 1kΩ'luk direncin uçlar arasındaki V_{AB} geriliminin etkin değerini bir kez osiloskopla ve bir kez de voltmetre ile ölçerek sonuçları rapor kağıdınızdaki Çizelge 2'ye geçiriniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Çizelge 1'deki ölçü sonuçlarını incelediğinizde osiloskopta alınan ölçüler, AC voltmetresi ile alınan ölçülerle uyumlu mudur? $V_{AB}+V_{BC}=V_{AC}$ eşitliği sağlanıyor mu?

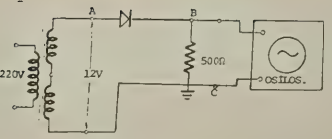
Çizelge 2'deki ölçü sonuçlarını incelediğinizde osiloskopla alınan ölçüler, AC voltmetresi ile alınan ölçülerle uyumlu mudur? Buradan ne gibi sonuçlar çıkarıyorsunuz?

KESİM II Doğrultma

YARIM DALGA DOĞRULTMA

Şekil 22.8'deki devreyi kurunuz. Osiloskop ekranına V_{BC} geriliminin sinüs eğrisinin hemen hemen 10 tam periyodu sığacak şekilde osiloskopta gerekli ayarlamaları yapınız.

Elde ettiğiniz ölçü sonuçlarından gerilim -zaman grafiğini ölçekli olarak rapor kağıdına çiziniz. Daha sonra osiloskobun giriş uçlarını B ve C noktalarından söküp A ve C noktalarına bağlayınız. V_{AC} geriliminin zamana bağlı grafiğini de rapor kağıdınıza ölçekli olarak çiziniz.

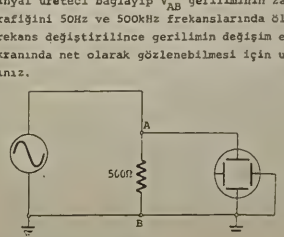


Şekil 22.8

TAM DALGA DOĞRULTMA

Şekil 22.5'deki devreyi kurunuz. Şekildeki AC kaynağı yerine çıkış gerilimi 12V olan daha önce kullandığınız transformatörü kullanabilirsiniz. V_{AB} geriliminin zamana bağlı grafiğini ölçekli olarak rapor kağıdınıza çiziniz.

Şimdi de Şekil 22.5'deki devrede AC kaynağı yerine bir sinyal üreteci bağlayıp V_{AB} geriliminin zamana bağlı değişim grafiğini 50Hz ve 500kHz frekanslarında ölçekli olarak çiziniz. Frekans değiştirilince gerilimin değişim eğrisinin osiloskop ekranında net olarak gözlenebilmesi için uygun ayarlamaları yapınız.



Şekil 22.9

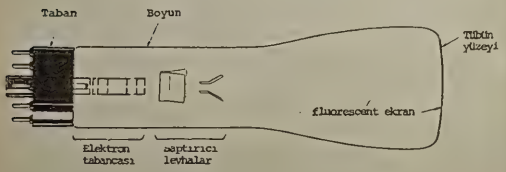
KESİM III Frekans Ölçümü

Şekil 22.9'daki devreyi kurunuz. Direncin uçları arasındaki geriliminin etkin değeri 5 Volt olacak şekilde osilatörün(sinyal üretecinin) çıkış gerilimini ayarlayınız. Daha sonra osilatörün frekans düğmesini sırasıyla 600Hz, 1200Hz, 12kHz,120kHz ve 600kHz'e ayarlayarak, direncin uçları arasındaki V_{AB} gerili-

minin frekansını osiloskoptan ölçünüz. Her frekans ölçümünde osiloskop ekranına en az 10 periyodluk sinyal sığacak şekilde time/cm anahtarının konumunu ayarlayınız. Acaba frekans ölçümünün sonucuna, ekrandaki sinyalin sıklığının ne gibi bir etkisi olabilir.

KAYNAKLAR

1. Berkeley Fizik Laboratuvarı 2
   Alan M. Portis, H.D. Young
   Hacettepe Üniversitesi Yayınları A-8 (1971
   tercüme)
2. Guide to Electronic Measurements and Laboratory Practice
   Stanley Wolf
   Prentice Hall, Inc. 1973



DENEY RAPORU

Bölümü
No
Adı Soyadı:
Tarih :

TPD-22 DALGA BİÇİMİ ÖZELLİKLERİ

KESİM I Osiloskop ile AC Gerilimi Ölçümü

ÇİZELGE I Transformatörlü bir Devrede Gerilim Ölçümü

	$(V_{AB})_{max}$ Volt	$(V_{AB})_{et}$ Volt	$(V_{BC})_{max}$ Volt	$(V_{BC})_{et}$ Volt	$(V_{AC})_{max}$ Volt	$(V_{AC})_{et}$ Volt
Osiloskop						
AC Voltmetre						

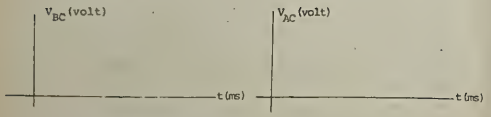
ÇİZELGE II Sinyal Üreteçli bir Devrede Farklı Frekanslarda Gerilim Ölçümü

Frekans	50Hz	500Hz	$5x10^3$Hz	$5x10^4$Hz
(V_{AB}) Volt Osiloskop	$(V_{AB})_{max}$= $(V_{AB})_{et}$=	$(V_{AB})_{max}$= $(V_{AB})_{et}$=	$(V_{AB})_{max}$= $(V_{AB})_{et}$=	$(V_{AB})_{max}$= $(V_{AB})_{et}$=
$(V_{AB})_{et}$ AC Voltmetre				

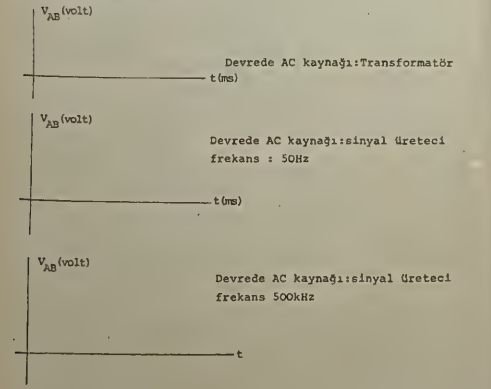
VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

KESİM II Doğrultma

YARIM DALGA DOĞRULTMA



TAM DALGA DOĞRULTMA



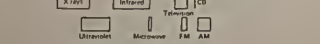
KESİM III Frekans Ölçümü

ÇİZELGE III Osiloskop Yardımı ile Bir Sinüssel Gerilimin Frekansının Ölçülmesi

Sinyal Üretecinde Yazılı frekans	600Hz	1.2kHz	12kHz	120kHz	600kHz
Osiloskopta 10cm'lik yatay uzaklığı tarama zamanı					
Osiloskopta 10cm'lik yatay uzaklıktaki periyod sayısı					
Osiloskopta ölçülen frekans					

SORULAR

1. Şekil 22.6'daki devreyi gözönüne alınız. A ve B noktaları osiloskobun düşey saptırıcıları ile bağlantılı bulunsun. Yatay saptırıcı levhalara osiloskop tarafından testere dişli tarama gerilimi uygulayacak yerde, (time/cm anahtarını external horizontal konumuna alarak) yatay saptırıcıların giriş terminallerini B ve C noktalarına bağlarsanız, ekranda nasıl bir eğri görmeyi beklersiniz?
2. Bir osiloskop ticari bir voltmetre ile karşılaştırılınca ne gibi üstünlükleri ve dezavantajları vardır?
3. Şekil 22.3 ve Şekil 22.5'deki devrelerdeki 1kΩ'luk dirençlerden geçen akımların zamana göre grafiği nasıldır. Bu grafikleri sırasıyla çiziniz.
4. Şekil 22.6'daki devreden geçen akımın etkin değeri kaç amperdir?



· The electromagnetic spectrum

TFD-23 TERMOELEKTRİK ÇİFT

AMAÇLAR

1- Termoelektrik konusunda Seebeck, Peltier ve Thomson olaylarını öğrenmek,
2- Bir termoelektrik çiftin pratikte kullanılma yerlerini öğrenmek,
3- Bir termoelektrik çiftin kalibrasyon eğrisini çizmek, çizilen bir eğri yardımıyla sıcaklık ölçmeyi öğrenmek.

ARAÇLAR

Bakır-demir termoelektrik çifti
İki adet beher
Civalı termometre (0-300°C)
Sayısal voltmetre (μV skalalı)
İnce kum
Buz parçacıkları

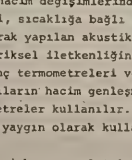
GİRİŞ

Günlük hayatınızda sık sık kullandığınız ısı ve sıcaklık kavramları birbirleriyle çok yakından ilişkili olmakla beraber anlamları çık farklıdır. Isı, iki sistem (veya cisim) arasında, birinden diğerine aralarındaki sıcaklık farkları nedeniyle aktarılan enerjidir. Isı akışı sadece sıcak cisimden, soğuk cisime olur. Sıcaklık bir maddenin moleküllerinin titreşim, dönme ve ötelenme kinetik enerjilerinin bir ölçüsüdür. Sıcaklığı artan bir cismin moleküllerinin termal enerjisi diyebileceğimiz titreşim, dönme ve ötelenme kinetik enerjisi artar. Isı, termal enerji ve sıcaklık arasındaki farkı belirgin hale getirmek için bir örnek verelim.

Sıcak bir tuğlayı gözönüne alalım: Bu tuğlayı iki parçaya bölüp, parçalardan birini diğerinden uzaklaştıralım. Yarım tuğlalardan birini incelersek hala aynı sıcaklıkta olduğunu görürüz. Oysa bu yarım tuğlanın termal enerjisi bütün tuğlanın termal enerjisinin yarısıdır ve daha soğuk bir başka cisme verebileceği ısı da bütün tuğlanın verebileceği ısının yarısıdır.

Herhangi bir sıcaklık ölçümünde kullanılacak ölçme yöntemi, sıcaklığı ölçülecek sistemin özelliklerine yakından bağlıdır. Pratikte sıcaklığa bağlı basınç ve hacim değişimlerinden yararlanılarak yapılan gaz termometreleri, sıcaklığa bağlı olarak ses hızının değişiminden yararlanılarak yapılan akustik termometreleri, sıcaklıkla metallerin elektriksel iletkenliğinin değişiminden yararlanılarak yapılan direnç termometreleri ve çok yakından tanıdığımız sıcaklıkla, sıvıların hacim genleşmesine dayanan cıvalı (ya da alkollü) termometreler kullanılır. Sıcaklık ölçümünde termoelektrik çiftlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu deneyde termoçiftin çalışma ilkesi kısaca anlatılacak daha sonra da sıcaklık ölçümünde kullanılışı gösterilecektir. Şekil 23.1'deki gibi iki farklı metal veya yarı iletken telin uçları kapalı bir devre oluşturacak şekilde birbirlerine eklenirse ve bu eklemler farklı sıcaklıklarda bulunursa, devreden bir akım geçer. Bu olay 1826 yılında J.T. Seebeck(1770-1831)



Şekil 23.1

tarafından bulunduğu için "Seebeck olayı" diye anılır. Şekil 23.1'deki gibi iki metal bir termoelektrik çift oluşturur. Devrede doğan elektromotor kuvveti (emk), termal emk veya Seebeck emk olarak adlandırılır. Referans sıcaklığı T_R sabit tutulduğunda Seebeck emk ε_{AB}, test eklemi sıcaklığı T'nin bir fonksiyonudur. Böylece ε_{AB}'nin ölçülmesi ile sıcaklık ölçümü eşdeğerdir.

Bir termoelektrik çiftin bir termometre olarak kullanılmasında çeşitli avantajlar vardır. Bunlardan bir kaçı şöyle sıralanabilir : 1) ölçme aralığı oldukça geniştir, 2) ısı sığası küçüktür. Sıcaklığı ölçülmek istenen sisteme çabucak termal dengeye gelir ve böylece sıcaklık değişimlerini hızlı bir şekilde takip eder, 3) yapısı nedeniyle çok küçük aralık ve hacimlerde ölçme yapma imkanı sağlar.

Seebeck emk, serbest elektron yoğunluğunun bir metalden diğerine farklılık göstermesinden doğar. Bir metal içindeki serbest elektron yoğunluğu sıcaklığa ve metalden metale farklılık gösteren sıcaklık gradientine bağlıdır. Buna göre her eklemde doğan emk sıcaklığa bağlıdır. Şekil 23.1'deki eklemler aynı sıcaklıkta bulunurlarsa toplam emk sıfırdır. Eğer eklem sıcaklıkları farklı olursa sıcaklığa bağlı net bir emk oluşur ve bu Seebeck emk adını alır.

Şimdi kısaca Peltier olayını açıklayalım. İki farklı metal veya yarı iletkenin arasındaki eklemden bir akım geçtiğinde, eklemden geçen toplam elektrik yükü ile orantılı miktarda bir ısı, akımın yönüne bağlı olarak ya eklemden çevreye aktarılır ya da eklem tarafından soğurulur. Bu olay nedeniyle eklemde bir emk oluşur. Bu olay, onu ilk kez ortaya çıkaran Jean Peltier (1785-1845) 'in adıyla anılır.

İki metal arasındaki bir eklemde, eklemin bir yanından diğer yanına aktarılan yük ΔQ ve elektrostatik olmayan etkilerin oluşturduğu "Peltier emk" de ε ise, eklemde açığa çıkan ya da soğurulan enerji,

$$\Delta W = \varepsilon . \Delta Q \qquad (1)$$

dir. Eklemle çevresi arasında alınıp verilen bu enerji "Peltier ısısı" diye adlandırılmıştır. Daha önce de açıklandığı gibi deneyler, bir eklemle çevresi arasında aktarılan Peltier ısısı-

nın, eklemden geçen elektrik yükü ile orantılı olduğunu ve elektrik akımı yön değiştirdiğinde terslenen yük akımı ile beraber ısı akış yönünde terslendiğini göstermektedir. Buna göre tek bir eklem elektrik enerjisini ısı enerjisine veya ısı enerjisini elektrik enerjisine çeviren bir kaynaktır. A ve B metalleri arasındaki bir eklemdeki Peltier emk π_{AB} eklemden geçen birim yük başına soğurulan veya serbest kalan ısı(enerji) olarak tanımlanır. Yani,

$$\pi_{AB} = \frac{\text{Peltier ısısı}}{\text{geçen yük}} \qquad (2)$$

π_{AB} sadece iki metalin cinsine değil aynı zamanda eklemin sıcaklığına da bağlıdır ve (eğer varsa ki olabilir) diğer herhangi bir eklemden bağımsızdır.

İki ucu farklı sıcaklıklarda bulunan tek bir iletken telde serbest elektron yoğunluğu tel boyunca noktadan noktaya değişir. İletken bir telde (boyunca) bir sıcaklık gradienti varsa, bu telin her elemanının birer emk kaynağı olduğu gerçeği Sir William Thomson (Lord Kelvin) tarafından keşfedildi. Boyunca sıcaklık gradienti olan bir iletken telden bir elektrik akımı geçirildiğinde telin her elemanında "Thomson ısısı" olarak adlandırılan bir ısı ya serbest kalır ya da soğurulur. Thomson ısısı telin gözönüne alınan elemanından geçen elektrik yükü ile ve bu elemanın uçları arasındaki sıcaklık farkı ile orantılıdır. Eğer A maddesinden yapılmış küçük bir tel parçasının uçları arasındaki sıcaklık farkı ΔT ise geçen birim elektrik yükü başına soğurulan veya serbest kalan ısı "Thomson emk" olarak tanımlanır. Bunu bir eşitlikle ifade edecek olursak,

$$\sigma_A \cdot \Delta T = \frac{\text{Thomson ısısı}}{\text{geçen yük}} \qquad (3)$$

dır. Eğer σ_A sıcaklığa bağlı değilse, uçlarının sıcaklıkları T_1 ve T_2 olan bir telde Thomson emk, $\sigma_A(T_1-T_2)$ ile verilir. Genelde σ_A sıcaklığa bağlı olduğundan bu eşitlik belirli bir yaklaşıklıkla geçerlidir. Deneyler Thomson ısısının tersinir olduğunu ve telin cinsine, telin gözönüne alınan elemanının ortalama sıcaklığına bağlı olduğunu göstermektedir. σ_A katsayısı bazı kaynaklarda "elektriksel öz ısı" olarak tanımlanır.

Şimdi Şekil 23.1'de açıklanan termoelektrik çifte dönelim. Bu durumda ε_{AB} Seebeck emk, $(\pi_{AB})_T$ ve $(\pi_{AB})_{T_R}$ ile verilen iki Peltier emk ile $(T-T_R)\sigma_A$ ve $(T_R-T)\sigma_B$ ile verilen iki Thomson emk'nin toplamıdır. Bu durumda emk'nin ifadesi,

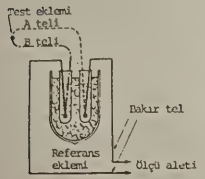
$$\varepsilon_{AB} = (\pi_{AB})_T - (\pi_{AB})_{T_R} + (T-T_R)(\sigma_A-\sigma_B) \qquad (4)$$

dir. Bu denklemde uygulanan işaretleme kuralları şunlardır :

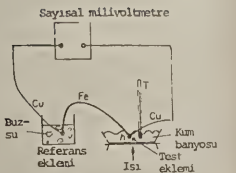
1. Eğer test eklemi referans ekleminden daha sıcak seçilirse bu eklemde termoelektrik çiftin akım yönü A'dan B'ye doğru iken ε_{AB} pozitiftir.
2. Akım A'dan B'ye doğru olduğunda π_{AB} pozitiftir ve bu durumda Peltier ısısı eklem tarafından soğurulur.
3. Akımın yönü, sıcaklık gradientinin ters yönünde olduğunda (yani yüksek sıcaklıktan alçak sıcaklığa doğru olduğunda) σ_A pozitiftir ve bu durumda Thomson ısısı soğurulur.

Bir ölçme sistemine bir termoelektrik çift bağlamak için termoçift devresi bir noktasından açılarak üçüncü bir metalin devreye sokulması gerekir. Bu durum iki yeni eklemin daha ortaya çıkması demektir.

Eğer yeni eklemler aynı sıcaklıkta bulunurlarsa, termal emk'yı değiştirecek bir etkileri olmaz. Bir mikrovoltmetreyi termoçift devresine bağlamak için kullanılan devre şeması Şekil 23.2 gösterilmiştir.



Şekil 23.2



Şekil 23.3

YAPILACAK İŞLER

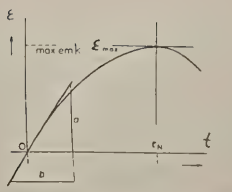
Şekil 23.3'de gösterilen düzeneği kurunuz. Referans eklemi bir buz-su karışımında, test eklemi (sıcak eklem) bir kum banyosunda tutulacaktır. Test ekleminin hemen yanına civalı bir termometre yerleştirilir. Termometrenin ölçeği 300°C yi içine alacak şekilde genişletilmiş olmalıdır. Alttan ısıtılan kum banyosunda sıcaklık termometreden okunurken bu sıcaklıktaki termoelektrik çiftte doğan emk da sayısal voltmetreden okunmalıdır. Ölçü sonuçlarını Rapor Kağıdındaki Çizelge 1'e geçiriniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Çizelge 1'deki ölçü sonuçları yardımı ile $\varepsilon(\text{emk}) = f(T)$ grafiğini çiziniz. Birçok termoelektrik çiftte bu grafik Şekil 23.4'deki gibi bir paraboldür. Grafikten ε_{max} değerini belirleyin ve buna karşılık gelen test eklemi sıcaklığı T_N'i raporura kaydediniz. ε'nin sıcaklığa bağlılığı bir parabol oluyorsa, bunu

$$\varepsilon = AT + BT^2$$

eşitliği ile ifade edebiliriz. Burada A ve B karakteristik katsayıları bulmalısınız.



Şekil 23.4

ε'nin zamana göre türevini alırsanız,

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = A + 2BT$$

eşitliğini elde edersenİz. O noktasında eğrinin teğetini çizip (a/b) oranından A katsayısını ve T_N sıcaklığından da $A+2BT_N=0$ eşitliği yardımı ile B katsayısını bulunuz. Sizce bu A ve B katsayılarının bulunması niçin önemlidir?

KAYNAKLAR

1. University Physics
   Sears, Zemansky, Young
   Addison-Wesley Pub. Co. 1981
2. Experiments in Modern Physics
   Adrian C. Melissinos,
   Academic Press, 1966

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

TFD-23 TERMOELEKTRİK ÇİFT

ÇİZELGE I. Test Sıcaklığına Bağlı Olarak Termoelektrik emk'nin Değişimi

Test Sıcaklığı (^oC)	ε_{AB}

Referans Sıcaklığı:

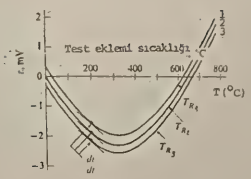
0° ile 300^oC arasında ölçü alınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Şekil 23.4'de gösterilen $\varepsilon(emk)=f(T)$ grafiğini çiziniz. A ve B katsayılarını bulunuz.

SORULAR

1.

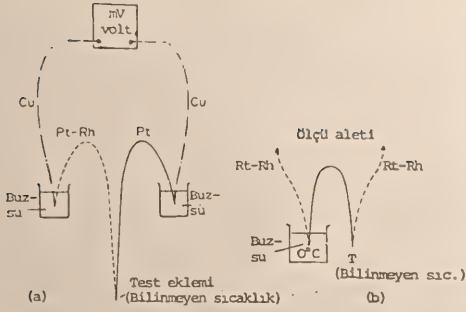


Şekil 23.5

Şekil 23.5'de bir bakır-demir termoelektrik çiftinin elektromotor kuvvetinin, test eklemi sıcaklığına bağlı grafiği üç farklı referans sıcaklığı için çizilmiştir.

a) T_{R1} , T_{R2} ve T_{R3} arasında nasıl bir ilişki vardır?
b) Şeklin sol tarafında gösterildiği gibi belirli bir sıcaklıkta eğrilerin teğetlerinin eğimi aynı olmaktadır, bunun nedenini açıklayınız.
c) Şekildeki grafiklerden yararlanarak bakır-demir termoçiftinin A ve B katsayılarını bulunuz.

2.



Şekil 23.6

Altının donma noktası (1064.43°C) ile 630.74°C arasındaki uluslararası sıcaklık skalası bir termo çiftin elektromotor kuvveti cinsinden ifade olunur. Bu iş için kullanılan termo çiftin telleri platinum ve platinum-rhodium alaşımıdır (%90 Pt ve %10 Rh). Termal emk bir ölçü aleti ile ölçüleceği için uçları bağlarken yeni eklemler oluşmasında dikkatli olmak gerekir. Şekil 23.6a ve Şekil 23.6b' de gösterilen iki devre özdeştir. Bu durumu açıklayınız. Şekil 23.6'daki devreyi deneyde kullandığınız Şekil 23.3' deki devre ile karşılaştırınız. Acaba deneyi yaparken bağlantılardan dolayı ölçütüğünüz emk hatalı mıdır?

3. Şekil 23.6'daki termoelektrik çiftin emk ifadesi,

$$\varepsilon = AT + BT^2$$

eşitliği ile veriliyor. Burada A=6.4 ve B=0.006 dır. Bu termoçiftin $\varepsilon=f(T)$ grafiğini çiziniz. Bu termoelektrik çift hangi sıcaklık aralığında kullanılabilir?

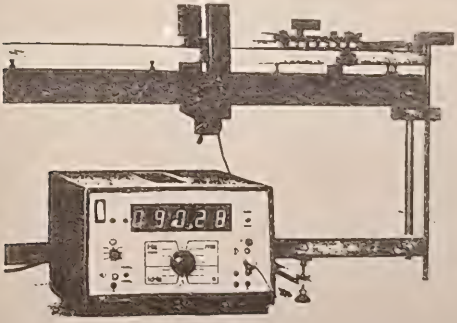
TFD-24 TEK BOYUTTA ESNEK VE ESNEK OLMAYAN ÇARPIŞMALAR

AMAÇLAR

1- Esnek ve esnek olmayan çarpışmaların tek boyutta incelenmesi
2- Esnek ve esnek olmayan çarpışmaların özelliklerinin ve şartlarının öğrenilmesi

ARAÇLAR

Hava rayı düzeneği ve aksesuarları
Çatal tipte fotoselli zaman belirleyici (2 adet)
Elektronik sayısal zaman ölçer



GİRİŞ

Newton'un birinci yasasına göre, pürüzsüz yatay ve sürtünmesiz bir yüzey üzerinde hareket eden bir cisim üzerine etki eden toplam kuvvet sıfırsa doğrusal hareketi sabit hızla sürdürür. Kızakların hava rayı üzerindeki hareketlerinin bu tanıma ne kadar uyduğu , rayın ne kadar düzgün, doğru ve yatay olduğu gözlemler yaparak anlaşılabilir.

Ayrıca kızakla ray arasındaki hava tabakasının viskozluğundan ileri gelen hafif sürtünmenin ne derece önemli olduğu hakkında bir fikir edinilebilir.

Bu deneyde hava rayı üzerindeki kızaklar arasındaki çarpışmalar incelenecektir. Bu çarpışmaları analiz etmek için kullanılacak ilkeler : momentumun korunumu ilkesini türetmekte kullanılan Newton'un ikinci ve üçüncü yasalarıdır.

Deneyde çarpışma anında birbirlerine uyguladıkları kuvvetler dışında yatay bir kuvvetin etkisinde olmayan iki kızak yatay bir ray üzerinde hareket ediyor. Kızakların kütleleri m_1 ve m_2, hızları da v_1 ve v_2 olsun. Hız vektörel bir niceliktir. Kızaklar sağa doğru giderken hızlar pozitif, sola doğru giderken negatif alınabilir. v_1 ve v_2 hızları çarpışma (yani etkileşme) süresi içinde değişecekler yani zamanın fonksiyonu olacaklardır.

Çarpışma süresince birbirlerine değen iki kızak, karşılıklı etki-tepki kuvvetleri uygular. m_1 ve m_2 kütlesindeki kızaklara etkiyen kuvvetler sıra ile F_1 ve F_2 olsun. Newton'un ikinci yasasına göre,

$$F_1 = m_1 \frac{dv_1}{dt} \quad \text{ve} \quad F_2 = m_2 \frac{dv_2}{dt} \qquad (1)$$

dir. Newton'un üçüncü yasası F_1 ve F_2 etkileşme kuvvetlerinin büyüklüklerinin eşit ve zıt yönlü olduğunu söyler. Şu halde,

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

yazılabilir. Bu Denklem 1 ile birleştirilirse,

$$m_1 \frac{d\vec{v}_1}{dt} + m_2 \frac{d\vec{v}_2}{dt} = 0$$

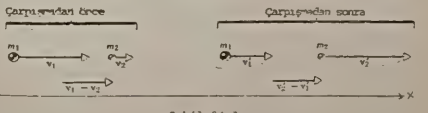
bulunur. Bu da,

$$\frac{d}{dt}(m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2) = 0 \qquad (3)$$

biçiminde düzenlenebilir. m_1v_1 niceliği birinci kızağın momentumu olarak tanımlanır ve genel olarak P_1 ile gösterilir; benzer şekilde ikinci kızağın momentumu da P_2 ile gösterilir. Denklem 3'e göre çarpışmanın her anında toplam momentumun zamana göre türevi sıfırdır ve bu nedenle $\vec{P}_1 + \vec{P}_2$ toplam momentumunun çarpışma ile değişmemesi gerekir.

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = \text{sabit bir vektör} \qquad (4)$$

Bu sonuç çoğu zaman çarpışma sırasında momentum korunuyor diye tanımlanır. Çarpışmanın çeşidine göre çarpışmada kinetik enerji korunabilir veya korunmayabilir. Çarpışmada hem kinetik enerji ve hem de momentum korunuyorsa buna tam esnek çarpışma denir.



Şekil 24.1

Şekil 24.1,tek boyutta tam esnek çarpışan m_1 ve m_2 kütleli iki kızağın çarpışmadan önceki ve sonraki hızlarını gösteriyor. Bu durumda momentumun ve kinetik enerjinin korunumu ilkesinden,

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2' \qquad (5)$$

$$\tfrac{1}{2}m_1v_1^2 + \tfrac{1}{2}m_2v_2^2 = \tfrac{1}{2}m_1v_1'^2 + \tfrac{1}{2}m_2v_2'^2 \qquad (6)$$

eşitlikleri yazılabilir. (5) ve (6) eşitliklerinin yeniden düzenlenmesiyle,

$$\vec{v}_1 - \vec{v}_2 = \vec{v}_2' - \vec{v}_1' = -(\vec{v}_1' - \vec{v}_2') \qquad (7)$$

eşitliği elde olunur.

İki cisim arasındaki çarpışmalar, cisimlerin çarpışmadan önce ve sonraki bağıl hızlarına bağlı olarak da sınıflandırılabilirler. Çarpışmadan önce ve sonra bağıl hız aynı büyüklükte ise buna tam esnek çarpışma denir (Denklem 7). Çarpışmadan sonraki bağıl hız, çarpışmadan önceki bağıl hızdan küçükse buna yarı esnek çarpışma denir.

Çarpışmadan sonra cisimlerin birbirine göre bağıl hızları sıfırsa yani çarpışan cisimler kenetleniyorsa, buna hiç esnek olmayan çarpışma denir.

$$e = -\frac{\vec{v}_1' - \vec{v}_2'}{\vec{v}_1 - \vec{v}_2} \qquad (8)$$

eşitliği ile verilen e sayısına sıçrama katsayısı denir. Tam esnek çarpışmada e=1 hiç esnek olmayan çarpışmada e=0 ve yarı esnek çarpışmada ise 0<e<1 dir. Bu deneyde incelenen tüm çarpışmalarda bir patlama sözkonusu değildir.

Deneysel düzenekte m_1 kütlesindeki kızak v_1 hızı ile duran m_2 kütlesindeki kızağa çarptığı durumu gözönüne alalım. Çarpışmadan sonra kızakların hızları sırasıyla v_1' ve v_2' olsun. Yerdiğimiz tanıma göre geri sıçrama katsayısı,

$$e = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1} = \frac{v_2' - v_1'}{v_1} \qquad (9)$$

dir. Çarpışmadan önceki ve sonraki kinetik enerjileri karşılaştırmak ilgi çekici olabilir. Önce momentumun korunumu ilkesinden,

$$m_1\vec{v}_1 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2' \qquad (10)$$

eşitliği yazılır. Bu denklem, Denklem 9 ile birleştirilerek v_1' ve v_2', v_1 cinsinden şöyle tanımlanır;

$$v_1' = \frac{(m_1 - m_2 e)}{(m_1 + m_2)} v_1$$
$$v_2' = \frac{(1+e)m_1}{(m_1 + m_2)} v_1 \qquad (11)$$

Son kinetik enerjinin, ilk kinetik enerjiye oranı R,

$$R = \frac{\frac{1}{2}m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2'^2}{\frac{1}{2}m_1 v_1^2} = \frac{m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2}{m_1 v_1^2} \qquad (12)$$

eşitliği ile verilir. v_1' ve v_2' nin Denklem (11) deki değerleri Denklem (12) de yerine konursa,

$$R = \frac{m_1 + m_2 e^2}{m_1 + m_2} \qquad (13)$$

sonucu elde olunur. Bu eşitlik kinetik enerjinin sadece e=1 için korunduğunu gösteriyor.

KESİM I

YAPILACAK İŞLER

EŞİT KÜTLELİ İKİ KIZAĞIN ÇARPIŞMASI

Yaylı tamponlar takılmış iki özdeş kızağı rayın üzerine yerleştiriniz. Kızaklardan birini rayın ortasında duracak şekilde dikkatlice oturtunuz ve diğerini yaklaşık 20cm/s lik bir hızla buna doğru gönderiniz. Çarpışmaları ayrıntıları ile incelemek için çarpışmadan önce ve sonraki hızları bilmek gerekir. Bu hızlar farklı yöntemlerle belirlenebilir. Bunlardan birini kısaca açıklayalım. Her kızağın, aralarında belirli bir uzaklık olan (örneğin $x_2 - x_1 = 50$cm) iki noktadan geçiş zamanlarını (çarpışmadan önce ve sonra için) belirleyerek $v = \Delta x/\Delta t$ eşitliğinden istenen hızlar bulunur. Eğer varsa bir çift kıvılcımlı zaman düzeneği yardımıyla her kızağın hızı bulunabilir. Yaptığınız ölçmelerin sonuçlarını rapor kağıdındaki Çizelge I'e geçiriniz.

Esnek olmayan bir çarpışma sağlamak için her iki yaylı tampona iki yönü yapışkan birer şerit parçası tutturun. Bu durumda ilk ve son hızları yeniden bulunuz ve sonuçları Çizelge II'ye geçiriniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Momentumun aktarılması, enerji aktarılması, sıçrama katsayısı ile ilgili ne gibi sonuçlara varıyorsunuz? Özellikle kronometre kullanılıyorsa deneyi bir kaç kez tekrarlamak gereği duyulabilir. Böylece sıçrama katsayısının ortalama değerini hesaplayabilirsiniz. Çarpışmalarda momentum korunuyor mu? Kinetik enerjinin korunumu için ne söyleyebilirsiniz? Kaybolan kinetik enerji ne olur?

KESİM II

FARKLI KÜTLELİ İKİ KIZAĞIN ÇARPIŞMASI

YAPILACAK İŞLER

Eşit olmayan kütlelerle çarpışmayı incelemek için kızaklardan birine ağırlık ekleyiniz veya daha büyük kütleli bir kızak kullanınız. $m_1 > m_2$ ve $m_2 > m_1$ için ayrı ayrı nitel gözlemler yaparak sonuçları rapor kağıdınızda Çizelge III'e kaydediniz. Genel olarak v_1, v_1' ve v_2' yi ölçeceğinizi unutmayınız. Bu hızları ölçmek için deney düzeneğinin imkanlarını düşünerek özel bir yöntem kullanabilirsiniz. Zaman kalırsa eşit olmayan kütleler ile bir esnek olmayan çarpışma gerçekleştirip sonuçlarınızı Çizelge IV'e geçiriniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Deney sonuçlarından momentumun ve kinetik enerjinin korunumunu araştırınız.

KESİM III

UZAKTAN ETKİLEŞME

Üzerinde yaylı tamponları bulunan kızaklarla gerçekleştirilen çarpışma deneylerinde, çarpışma süresi deney süresi yanında çok kısa bir zaman dilimi oluşturur. Çarpışmanın ayrıntıları gözlenebilirse, örneğin çarpışma filme alınıp daha sonra yavaş hızda gösterilirse, yayların çarpışma sırasında şekil değiştirdiğini gözleyebilirdik. Yaylar şekil değiştirerek yassılaştığı zaman kızaklar arasındaki itme kuvvetleri en büyük değerlerine ulaşır ve yaylar birbirlerinden ayrıldığı zaman kuvvetler sıfıra düşer.

Kızakların uçlarına küçük seramik mıknatısla tutturularak "yumuşak" fakat tam esnek çarpışma deneyi düzenlenebilir. Mıknatısları tutturmak için iki yönü yapışkan şerit kullanılabilir. Mıknatısların birbirini itecek yönde konulmuş olmalarına dikkat ediniz. Ayrıca mıktanızlar çevrek seramik bir maddeden yapılmış olduklarından birbirlerine çarpmamalarına dikkat ediniz.

YAPILACAK İŞLER

Seramik mıknatısların tampon olarak kullanıldığı bir çarpışma deneyi düşünüp düzeneğini kurunuz, düzeneğin ayrıntılarını kendiniz belirleyiniz. Elinizde seramik mıknatıs yoksa veya çarpışmanın uzun sürdüğü başka bir deney yapmak isterseniz kızakların üzerine çok uzun tampon yaylar koyabilirsiniz. Saat zembereğinden 12cm çapında büyük bir halka yapıp bunu geriye doğru yönelmiş biçimde normal yaylardan birinin yerine tutturunuz. Yayın çapı kızağın boyundan büyük olduğuna göre bu mümkündür. Yayın geriye doğru yönelmiş olması, kızağın dengesinin bozulmasını önler. Bu yumuşak yaylarla donatılmış kızaklar arasındaki çarpışmaları inceleyiniz.

SONUÇLARIN ÇÖZÜMLENMESİ

Gerçekleştirdiğiniz deney düzeneğini açıklayınız. Ölçü sonuçlarınızı inceleyerek momentumun ve kinetik enerjinin korunumunu yorumlayınız.

KESİM IV

MAGNETİK ETKİLEŞME KUVVETİ

Magnetik etkileşme kuvveti daha ayrıntılı olarak incelenebilir. Mıknatıslar arasındaki kuvvetin aradaki uzaklıkla nasıl değiştiğini incelemek ilgi çekicidir.

YAPILACAK İŞLER

Mıknatısları yüzyüze yönelmiş kızaklardan birini rayın bir ucuna diğerini de ondan biraz uzakta bir yere yerleştiriniz ve rayın diğer ucunu yavaşça yükseltiniz. Bu durumda yükseltilen uca yakın olan kızak diğerine doğru hareket edecektir. Magnetik kuvvet, kızak ağırlığı mg nin ray üzerindeki bileşeni mgsinα'ya eşit olduğunda , yükseltilen uca yakın olan kızak dengede kalacaktır. Bu durumda mıknatıslar arasındaki uzaklığı ve rayın yatayla yaptığı açıyı (ya da rayın yükseltilen ucunun yükselme miktarını) belirleyiniz. Bu ölçmeleri değişik α açıları için tekraralayınız ve ölçüm sonuçlarını Çizelge V'e geçiriniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Her konum için magnetik kuvveti hesaplayınız ve bu verilerden magnetik kuvvetin uzaklığa göre değişim grafiğini çiziniz.

KESİM V

POTANSİYEL ENERJİNİN ÖLÇÜLMESİ

YAPILACAK İŞLER

Magnetik etkileşmeden ileri gelen potansiyel enerji doğrudan ölçülebilir. Daha önceki ray yatayla belirli bir α açısı yaparken kaldırılan uca yakın kızağı elinizle belirli bir uzaklığa kadar yukarı doğru hareket ettiriniz ve belirli bir yükseklikten serbest bırakınız. Mıknatıslar bir en küçük yaklaşma uzaklığına kadar yaklaştıktan sonra, hareketli kızak ray üzerinde geri sıçrayacaktır. Yaklaşmanın en fazla olduğu noktada kızağın kinetik enerjisi sıfırdır. Bu durumda magnetik potansiyel enerjideki artma, yer çekimi potansiyel enerjisindeki azalmaya eşit olacaktır. Yer çekim potansiyel enerjisindeki azalmâ mgs sinα'ya eşittir. Burada s kızağın aşağı doğru yaptığı yer değiştirmedir. Farklı bir kaç s değeri için deneyi tekrarlayınız, gerekiyorsa α'yı değiştiriniz. Her seferinde sıçrama sırasındaki en yakın yaklaşma uzaklığını ölçerek V magnetik potansiyel enerjisini mıknatıslar arasındaki uzaklığın fonksiyonu olarak elde edebilirsiniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Magnetik potansiyel enerjiyi uzaklığın forksiyonu olarak veren bir grafik çiziniz. Bir kaç noktada eğrinin eğimini bulunuz ve,

$$F = -\frac{dV}{dx} \qquad (14)$$

bağıntısını kullanarak F'yi çıkarınız. Sonuçlarınızı doğrudan ölçülen F değeri ile karşılaştırınız. İkinci bir yolda, daha önce çizdiğiniz F=f(x) grafiğinin altında kalan alanı hesaplayarak V'yi türetebilirsiniz.

KAYNAKLAR

1. Introduction to Physics For Scientists and Engineers
Frederick J. Bueche, Mc Graw Hill, 1986
2. University Physics
Sears, Zemansky, Young
Addison Wesley, 1981

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı:
Tarih :

TFD-24 TEK BOYUTTA ESNEK VE ESNEK OLMAYAN ÇARPIŞMALAR

ÖZELLER

KESİM I EŞİT KÜTLELİ İKİ KIZAĞIN ÇARPIŞMASI

ÇİZELGE I. Eşit Kütleli İki Kızağın Esnek Çarpışması

	ÇARPIŞMADAN ÖNCE	ÇARPIŞMADAN SONRA	
Ölçülen nicelikler	1 nolu kızak	1 nolu kızak	2 nolu kızak
Yer değiştirme Δx (cm)			
Geçiş süresi Δt(s)			
Hızlar v(cm/s)			

Sıçrama katsayısı

ÇİZELGE II. Eşit Kütleli İki Kızağın Hiç Esnek Olmayan Çarpışması

	ÇARPIŞMADAN ÖNCE	ÇARPIŞMADAN SONRA	
Ölçülen nicelikler	1 nolu kızak	1 nolu kızak	2 nolu kızak
Yer değiştirme Δx (cm)			
Geçiş süresi Δt(s)			
Hızlar v(cm/s)			

Sıçrama katsayısı :

KESİM II FARKLI KÜTLELİ İKİ KIZAĞIN ÇARPIŞMASI

ÇİZELGE III. Farklı Kütleli İki Kızağın Esnek Çarpışması

	ÇARPIŞMADAN ÖNCE	ÇARPIŞMADAN SONRA	
Ölçülen nicelik	1 nolu kızak	1 nolu kızak	2 nolu kızak
Yer değiştirme Δx (cm)			
Geçiş süresi Δt (s)			
Hızlar v (cm/s)			

ÇİZELGE IV. Farklı Kütleli İki Kızağın Hiç Esnek Olmayan Çarpışması

	ÇARPIŞMADAN ÖNCE	ÇARPIŞMADAN SONRA	
	1 nolu kızak	1 nolu kızak	2 nolu kızak
Yer değiştirme x (cm/s)			
Geçiş süresi t (s)			
Hızlar v (cm/s)			

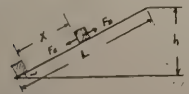
VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

KESİM III. UZAKTAN ETKİLEŞME

Deney düzeneğinin şemasını çiziniz.

Gerçekleştirdiğiniz çarpışma deneyinde enerjinin ve momentumun korunumu için ne söyleyebilirsiniz?

KESİM IV. MAGNETİK ETKİLEŞME KUVVETİ



Denge şartı
$F_B = F_G = mg\sin\alpha$

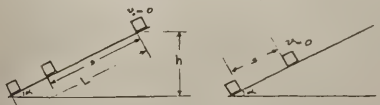
ÇİZELGE V. Magnetik Etkileşme Kuvvetinin Uzunlukla Değişimi

Deney No	x (cm)	h(cm)	L(cm)	α	F(N)
1					
2					
3					
4					
5					

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Her konum için F_B magnetik kuvvetini hesaplayınız ve bu verilerden yararlanarak magnetik kuvvetin uzaklığa göre değişim grafiğini çiziniz.

KESİM V POTANSİYEL ENERJİNİN ÖLÇÜLMESİ



ÇİZELGE VI. Potansiyel Enerjinin Kızaklar Arasındaki Uzaklığa Bağlılığı

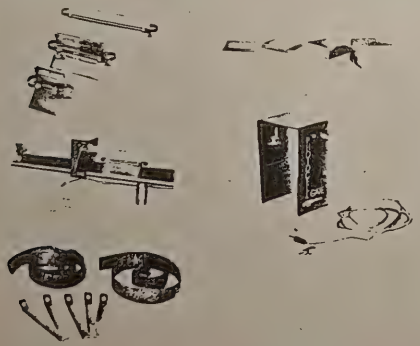
Deney Sayısı	s(cm)	h(cm)	L(cm)	α
1				
2				
3				
4				
5				

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Potansiyel enerjinin uzaklığa bağlı değişim grafiğini çiziniz. Grafiğin eğiminden F_B kuvvetini bulunuz. Bulduğunuz bu değeri Kesim IV'den bulunan sonuçla karşılaştırınız.

SORULAR

1. Tamponlardan birisi üzerine küçük patlayıcı yük koyabileceğinizi düşünelim. Öyleki çarpışma anında patlayarak iki kızağı ayırsın. Bu durumda momentum yine korunacak mıdır? Kinetik enerji yine korunacak mıdır? Açıklayınız. Sıçrama katsayısının değeri ne olabilir?
2. Çarpışmanın tam esnek olabilmesi için yay kuvvetinin yer değiştirme ile oranlı yani F=-Kx olması gerekiyor mu? Gerekmiyorsa kuvvetin sağlamak zorunda olduğu şart nedir?
3. Çarpışmalarda momentumun korunduğunu kabul ederseniz hava yastığının viskozluk sürtünmesinin sonuçların üzerindeki etkisi ne olabilir?
4. Magnetik etkileşme kuvveti ile ilgili verilerinizi kullanarak magnetik etkileşmelerle yapılan çarpışma zamanının basamağını kabaca kestiriniz. Yani magnetik etkileşme ne kadar bir süre önemlidir?



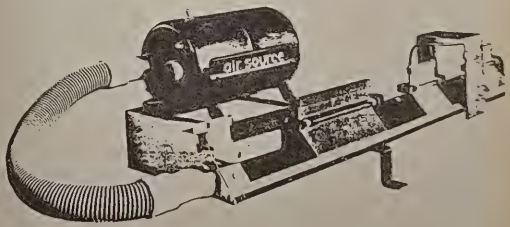
TFD-25 YİTİRİCİ KUVVETLER

AMAÇLAR

1- Yitirici ve korunumlu kuvvetlerin öğrenilmesi,
2- Yitirici kuvvetlerin özelliklerinin incelenmesi.

ARAÇLAR

Hava rayı
Kızaklar
Kronometre
Cetvel
Terazi
Gram kutusu



GİRİŞ

Bu deneyde çeşitli yitirici kuvvetler incelenecektir. Sözkonusu kuvvetler mekanik enerjiyi harcayıcı rol oynadıkları için bu adı alırlar. Bunlara ayrıca söndürücü kuvvetler de denir. Her türlü sürtünme kuvveti, magnetik sönüm kuvvetleri ve tam esnek olmayan çarpışmalardaki etkileşme kuvvetleri ile bazı diğer kuvvetler bu gruba girerler. Deney süresince hava rayının ayaklarının masa üzerinde kaymamasına dikkat ediniz. Bu niçin önemlidir? Gerekirse kaymayı önlemek için rayı masaya kıskaçla tutturunuz.

Hava rayı üzerindeki kızakların tam anlamıyla sürtünmesiz olmadıklarını gözlemlerle belirleyebilirsiniz. Sürtünmenin ana kaynağı kızak ile ray arasındaki ince hava tabakasının viskozluğudur. Toplam viskozluk kuvvetinin hava tabakasının A yüz ölçümü ile ve kızakla ray arasındaki v bağıl hızı ile oranlı olduğu hava tabakasının d kalınlığı ile ters oranlı olduğu gösterilebilir. Buna göre viskozluk kuvveti,

$$F = -\frac{\eta A v}{d} \qquad (1)$$

olarak yazılabilir. η akışkan (hava) ile ilgili karakteristik bir sabittir ve buna viskozluk adı verilir.

Bizim açımızdan bu kuvvetin en önemli özelliği hızla oranlı oluşudur. Kuvvet basitçe,

$$F = -bv \qquad (2)$$

eşitliği ile tanımlanır. Burada b havanın özelliklerine ve düzeneğin boyutlarına bağlı bir sabittir. Negatif işaret F'nin hızla daima zıt yönlü olduğunu belirtir.

Yatay bir ray üzerinde hareket eden kızağa vizkozluk sürtünmesinden başka bir kuvvet etki etmiyorsa, hareket denklemi,

$$F = ma \quad \text{veya} \quad -bv = m\frac{dv}{dt} \qquad (3)$$

dir. Bu da herhangi bir anda, hızın birim zamandaki azalmasının, hızın kendisiyle oranlı olduğunu gösterir. Verilen bir v_o başlangıç hızı için kızaktaki yavaşlama önce büyük ölçüde ger-

çekleşir, daha sonra hızdaki azalma yavaşlar.

Kızağın durmadan önce aldığı toplam yolu bulmak kolaydır. dv/dt, zincirleme türev alma kuralıyla dv/dt cinsinden yazılabilir.

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{dv}{dx} \cdot v$$

Bu sonucu Denklem 3'de yerine koyarak ve v'ye bölerek bir düzenleme ile,

$$\frac{dv}{dx} = -\frac{b}{m}$$

elde edilir. Bu diferansiyel denklemin integrali alınırsa :

$$v = -\frac{b}{m} x + c$$

elde olunur. Burada c integral sabittir. Eğer x=0 noktasındaki başlangıç hızı v_o ise, c'nin değeri v_o olmalıdır. Bu durumda,

$$v = v_o - \frac{b}{m} x \qquad (4)$$

eşitliği elde olunur. Bu eşitlik kızağın,

$$x = \frac{mv_o}{b}$$

yolunu aldıktan sonra durduğunu (v=0) gösterir.

Bu sonuç, kuvvetin impulsu (itme), toplam momentum değişimine eşitlenerek de elde edilebilir:

$$\int F dt = \int -bv dt = \int -b dx = -bx = -mv_o$$

Hıza bağlı sürtünme kuvvetinin (sönüm kuvveti) bir başka örneği de bir iletkenin bir magnetik alan içindeki hareketinden doğan eddy akımlarının etkisidir. Bir elektriksel iletken, bir magnetik alan içinde hareket ettiği zaman, magnetik akımın değişimi nedeniyle iletkende indüksiyon akımları oluşur. Bu akımların büyüklüğü akımın değişim hızıyla doğrudan orantılıdır.Başka bir deyişle indüksiyon akımı iletkenin magnetik alan içindeki hızı ile orantılıdır. Bu akımları taşıyan iletkenin her noktasına o noktadaki alanla orantılı bir kuvvet etki eder. İletke-

ne etkiyen kuvvetin yönü harekete karşı gelecek şekildedir. Bu durumda sözkonusu kuvvet hava vizkozluğundan ileri gelen kuvvetle aynı biçimde F=-bv olarak gösterilebilir. Burada b sabiti maddenin elektriksel iletkenliği ile, magnetik alanın etkilediği iletkenin yüzey alanı ile ve magnetik alan şiddetinin karesi ile orantılıdır (Niçin?). Magnetik ve vizkoz sönüm kuvvetlerinin herikisi de varken toplam kuvvet hiç kuşkusuz ayrı ayrı etkilerin toplamına eşittir.

Bu deneyde kızakların üzerine kalıcı mıknatıslar takılabilir ve mıknatısların raya göre bağıl hareketlerinden rayda oluşan eddy akımlarının magnetik sönüme yol açtığı gözlenebilir.

Hava rayı düzeneğinde üçüncü tip sönüm kuvveti yaylı tamponların hareketi ile ilgilidir. Bir kızak başka bir kızak ile veya rayın ucu ile çarpıştığı zaman, çarpışmadan sonraki bağıl hız, çarpışmadan öncekinden küçüktür. Bu iki bağıl hızın oranına e sıçrama katsayısı denir. Deney gösteriyorki belirli bir dizıliş için e ilk hızdan bağımsızdır.

Bütün bu yitirici kuvvet tiplerinin ilgi çekici bir uygulaması, sıçrayan bir bilyanın hava rayında bir benzerinin bulunmasıyla elde edilir. Raya bir α açısı kadar eğim verilip üst uçta durdurulan bir kızak harekete geçirilir. Kızak alt uçtan geriye sıçrar, fakat ilk yüksekliğine erişemez. Azalan yükseklikler de bir dizi sıçramadan sonra en sonunda kızak eğik rayın alt ucunda durur. Ray boyunca ilk uzaklık x_o ise, ilk sıçramadan sonra kızak x_1'e ikinciden sonra x_2'ye erişir ve bu böyle gider. Uzaklıklar, hava rayı üzerindeki cetvelden okunabilir.

Bu sistemin vizkozluk (veya magnetik) sürtünmesi, yaylı tampon etkisini ve rayın eğikliğini de içine alacak uygun hareket denklemleri ile tam olarak çözülebilir. Çözümler oldukça karışıktır ve pek de aydınlatıcı değildir. Yaklaşık bir çözüm daha kullanışlı sonuçlar verir. Hem vizkozluktan hem de yaylı tampondan ileri gelen enerji kayıplarına karşın bu iki etkiyi ayrı ayrı inceleyebiliriz. İlerde bazı durumlarda bunlardan birinin etkisinin kızak hareketi üzerinde baskın olduğu görülecektir.

Önce vizkozluk kuvvetini dikkate alarak, rayın alt ucuna göre ilk potansiyel enerjinin $mgx_o\sin\alpha$ ve ilk sıçramadan sonra $mgx_1\sin\alpha$ olduğu gözlenmiş olsun. İlk sıçramadan sonra konumdaki

değişme Δx olsun. Bu durumda $\Delta x=x_1-x_o$ olduğuna göre enerji kaybı,

$$(mg\sin\alpha)\Delta x \qquad (6)$$

dir. Ağırlık, korunumlu bir kuvvet olduğuna göre, bu enerji kaybı sürtünme kuvvetine karşı yapılan işten ileri geliyor. Sürtünme kuvveti, ağırlıkla kıyaslanınca küçük kabul edilerek iş belirli bir yaklaşıklıkla hesaplanabilir. Bu durumda hareket hiç sürtünme yokken ki durumla hemen hemen aynı olur. x_o başlangıç konumundan ilk düşüş süresince sürtünmeye karşı yapılan iş,

$$W=\int_o^{x_o} F\,dy=-\int_o^{x_o} bv\,dy \qquad (7)$$

dir. Burada y, kızağın x_o başlangıç noktasından her an uzaklığını göstermek için tanımlanmış bir değişkendir. Kızağın ivmesi yaklaşık olarak $a=g\sin\alpha$'dır. Herhangi bir y konumundaki v hızı,

$$v^2=2ay=2yg\sin\alpha$$

ile verilir. Bu denklemdeki y ifadesini, Denklem 7'de yerine koyarak integral alınırsa,

$$W=\int_o^{x_o}-b(2ay)^{\frac{1}{2}}dy=-\frac{2b(2a)^{\frac{1}{2}}(x_o)^{3/2}}{3} \qquad (8)$$

bulunur. Dönüş yolunda görülen iş yaklaşık aynı olduğu için vizkozluk sürtünmesinden ileri gelen toplam enerji değişimi 2W'dır. Son olarak bu sonucu Denklem 6 ile birleştirerek, Δx için çözülürse,

$$\Delta x=-\frac{b(2x_o)^{3/2}}{3ma^{\frac{1}{2}}} \qquad (9)$$

sonucu elde olunur. Böylece ilk sıçrayıştan sonra yükseklik değişmesi, ilk yüksekliğin 3/2 ci kuvvetiyle orantılıdır. Aynı şekilde ikinci sıçrayıştan sonra yükseklikteki değişme, $x_1^{3/2}$ ile orantılıdır ve bu böyle gider. Bu bağıntı deneysel olarak sınanabilir.

Şimdi yaylı tamponlara dönelim ve sıçrama katsayısı e' nin çarpışmadan sonra ve önceki bağıl hızların oranı olarak tanımlandığını hatırlayalım. Kinetik enerji v^2 ile orantılı olduğuna göre, çarpışmadan önce ve sonraki kinetik enerjiler oranı e^2 dir. Vizkozluk sürtünmesi ile enerji kaybını önemsemezsek, bu kinetik enerji değerleri sıçramadan önce ve sonra kızağın rayda sahip olduğu en büyük potansiyel enerjiye eşdeğerdir. Bu potansiyel enerji de uzaklıkla orantılı olduğuna göre,

$$x_1 = e^2 x_o \qquad x_2 = e^2 x_1$$

bulunur. Bu durumda ilk sıçramadan sonra konum farkı,

$$\Delta x = x_1 - x_o = -(1-e^2)x_o \qquad (10)$$

ikinciden sonra,

$$\Delta x = -(1-e^2)x_1$$

ve böylece gider. Şu halde enerji kaybının temel mekanizması yaylı tampon etkisi ise, her sıçramadan sonra konumdaki değişme, bu sıçramadan önceki konumla orantılıdır. Buna göre her sıçramadan sonraki yükseklikteki değişme, bu sıçramadan önceki yükseklikle orantılıdır. Oysa vizkozluk sürtünmesinin baskın olduğu durumda,yükseklikteki değişme, sıçramadan önceki yüksekliğin 3/2 ci kuvvetiyle orantılıydı.

KESİM I SÖNÜM FAKTÖRÜ

YAPILACAK İŞLER

Rayı dikkatlice yatay duruma getirdikten sonra, bir kızağı harekete geçiriniz. İlk hızı ve durmadan önce aldığı toplam yolu ölçünüz. Bu ölçü için yaylı tamponu tam esnek kabul edebilirsiniz.

Kütlesini yaklaşık iki katına çıkaracak şekilde kızağa kütleler ekleyiniz ve yukarıdaki gözlemleri tekrarlayınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Deney verilerinden, Denklem 5'i kullanarak b sönüm katsayısını hesap ediniz. Farklı kütlelerdeki kızaklar için bulduğunuz sönüm faktörleri arasında ne gibi bir karşılaştırma yapabilirsiniz?

KESİM II MAGNETİK SÖNÜM

YAPILACAK İŞLER

Magnetik sönümü incelemek için dört kalıcı mıknatısı kızağa simetrik olarak yerleştiriniz. Başka bir kızağa yeterince ağırlık ekleyerek toplam kütlesini mıknatıslı kızağınkine eşitleyiniz, kızakların ikisini de ray üzerine yerleştiriniz ve ikisini de iterek (mıknatıslı kızak arkada olmak üzere) aynı hızı veriniz. Arkadaki mıknatıslı kızağın gittikçe geride kaldığına dikkat ediniz.
Kızağın başlangıç hızını ve durduncaya kadar aldığı yolu ölçünüz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Magnetik sönümlü kızağın sönüm katsayısını Kesim I'de anlatılan yöntemle elde ediniz. Burada hem magnetik hem de vizkozluk sönümünden ileri gelen b'yi ölçtüğünüzü unutmayınız.

KESİM III SIÇRAYAN TOP

YAPILACAK İŞLER

"Sıçrayan Top" deneyi için rayı 5mrad (mili radyan) eğiniz. Eğimi rapor kağıdınıza kaydediniz, tepeden bir kızağı serbest bırakınız. İlk konumu ve her sıçrama sonucu tırmanılan en yüksek noktanın konumunu tesbit ediniz. Rayın alt ucu ölçeğin sıfırı ile çakışık değilse bir düzeltme gerekir. Önce konumları rapor kağıdına kaydediniz sonra gerekiyorsa düzentme yaparsınız. Niçin?

Zaman kalırsa sıçrayan top deneyini , magnetik sönümle tekrarlayınız değişik eğimdeki raylar için tekrarlayabilirsiniz. Yaylı tampon çevresine bir lastik bandı birkaç kez sararak

esneklik katsayısını değiştirebilirsiniz. Sıçrama katsayısının hıza bağlı değişimi görülüyor mu?

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Sıçrayan topla ilgili verilerin ayrıntılı çözümlenmesi "log-log" grafik kağıdının kullanılması ile kolaylaştırılır. Bu kağıt üzerindeki ölçekler, milimetrik ölçekli grafik kağıdındaki gibi ölçek üzerindeki sayılarla değil, bu sayıların logaritması ile orantılıdır. Öyleki logaritma kağıdında a'ya karşı b'yi işaretliyorsanız, bu aslında log a'ya karşı log b' nin grafiğini çizmektir.

Bu tekniğin yararlarını anlamak için Denklem 9'u ele alalım. Eşitliğin heriki tarafının logaritmasını alıp, düzenleyerek ve logaritmaların bilinen özelliklerini kullanarak,

$$\log(-\Delta x) = \frac{3}{2}\log x + \log\frac{2^{2/3}b}{3ma^{\frac{1}{3}}} \qquad (11)$$

eşitliğini buluruz. Sıçrayan top bu denkleme göre davranıyorsa log-log kağıdında $(-\Delta x)$'in x'e göre işaretlenmesi sonucu $\log(-\Delta x)$'in logx'e göre grafiği elde olunur. Bu grafik eğimi 3/2 olan bir doğru olmalıdır. Öte yandan bu hareket Denklem 10 ile tanımlanırsa, heriki tarafın logaritmasını alarak,

$$\log(-\Delta x) = \log x + \log(1-e^2) \qquad (12)$$

eşitliğini elde ederiz. Aynı şekilde $\log(-\Delta x)$'in logx'e göre grafiği bir doğru olmalıdır, fakat bu kez eğim birdir. Buna göre grafiğin her noktasındaki eğimi bu bölgede hangi sönüm mekanizmasının etkin olduğunu gösterir.

Verilerin log-log grafiğini çizmeden önce eğrilerin şekillerini kestirmek isteyebilirsiniz. En büyük hızların ilk sıçramalarda görüldüğünü bilmek faydalıdır. O halde ilk başlarda sönüm kuvvetleri en büyüktür ve birkaç sıçrayıştan sonra önemini gittikçe yitirir. Buna karşın hızlar çok büyük olursa Denklem 9'u elde etmek için kullanılan yaklaşıklık artık geçerli olmayabilir ve beklenen 3/2 eğiminden sapmalar görülebilir. Asıl eğim, beklenen değerden hangi yönde sapacaktır.

KAYNAKLAR

1. Fundamentals of Physics
   D. Halliday and R. Resnick
   John Wiley 1970, s.(241-243)
2. Mekanik
   Berkeley Fizik Programı, Cilt I
   A.Ü. Fen Fakültesi Yayınları (1975) Tercüme

DENEY RAPORU

Bölüm :
No :
Adı Soyadı:
Tarih :

TFD-25 YİTİRİCİ KUVVETLER

KESİM I SÖNÜM FAKTÖRÜ

ÇİZELGE I

	Δx(cm)	Δt(s)	v(cm/s)	x(cm)	b
m_1					
m_2					
m_3					

x, kızağın durana kadar aldığı toplam yoldur.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

b'ler arasında nasıl bir kıyaslama yapabilirsiniz?

KESİM II MAGNETİK SÖNÜM FAKTÖRÜ

ÇİZELGE II

	Δx(cm)	Δt(s)	v(cm/s)	x(cm)	b
m_1					
m_2					

KESİM III SIÇRAYAN TOP

ÇİZELGE III

	x(cm)	logx	Δx(cm)	logΔx
x_0				
x_1				
x_2				
.				
.				

SORULAR

1. Manyetik sönüm kuvveti neden manyetik alan şiddetinin karesi ile orantılıdır?
2. b/m büyüklüğünün zaman birimi ile ölçüldüğünü gösteriniz. Bu zamanın deneydeki anlamı nedir? Örnek olarak yatay ray üzerinde v_o başlangıç hızı ile hareket ettirilen bir kızağın hızının yarıya düşmesi için geçmesi gereken zamanla yukarıdaki zaman arasında ne gibi bir bağıntı vardır?
3. Denklem 9'u elde etmek için kullanılan yaklaşıklıkların ne türden olduklarını açıklayınız.
4. Sadece havanın vizkozluğundan kaynaklanan sönümün etkili olduğu bir kızak için b sönüm katsayısı kızağın kütlesi ile nasıl değişir? Bu değişim niçin beklenmelidir?
5. Eğik bir ray üzerindeki kızağın v_o başlangıç hızı verildiği zaman ray yeterince uzunsa kızağın v_o'dan bağımsız bir son hıza erişebileceğini gösteriniz. Bu son hız için bir ifade çıkarınız.
6. Toplam sürtünme kuvvetini elde etmede, kızağı saran havanın etkisi kızakla ray arasındaki hava tabakasının etkisine bakınca önemli midir? Açıklayınız.

TFD-26 PERİYODLU HAREKET

AMAÇLAR

1- Sönümlü ve sönümsüz harmonik hareketin incelenmesi,
2- Korunumlu ve yitirici kuvvetlerin tanınması,
3- Değişik titreşim sistemlerinin incelenmesi.

ARAÇLAR

Hava rayı düzeneği ve aksesuarları
Çatal tipte fotoselli zaman belirleyici (2 adet)
Elektronik sayısal sayıcı
Zaman ölçer

GİRİŞ

Titreşim hareketi veya periyodlu hareket örnekleriyle günlük hayatımızda sık sık karşılaşırız. Periyodlu hareketin basit bir şekli, harmonik osilatörün hareketi ile temsil edilir. Harmonik osilatör periyodlu birçok hareketin özelliklerini tanımlamada kullanılan kusursuz bir modeldir. Bu modelin ayırdedici temel özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

1. Harmonik titreşim hareketi yapan bir kütleye büyüklüğü denge konumundan olan uzaklıkla orantılı ve daima denge noktasına yönelmiş bir kuvvet etki eder. Buna göre kütlenin ivmesi denge noktasına olan uzaklık ile orantılıdır.
2. Kütlenin denge noktasına göre yaptığı yerdeğiştirme zamanın bir sinüssel fonksiyonudur.
3. Kütlenin salınımlarının (titreşimlerinin) frekansı genlikten bağımsızdır.

Bunlardan sadece birincisi gerçekten temel koşuldur. Şimdi ikinci ve üçüncünün birinciden nasıl türetileceğini görelim. m kütlesinin denge konumuna göre konumu x olsun. Bu durumda kuvvet,

$$F=-kx \qquad (1)$$

eşitliği ile verilir. Burada k sistemin kuvvet sabiti olarak adlandırılır. Böyle bir kuvvet Hooke yasasına uyan bir yayla elde edilebilir. Newton'un II. yasasına göre,

$$-kx = ma = m\frac{d^2x}{dt^2} \qquad (2)$$

Burada x ile gösterilen yerdeğiştirme (ya da konum) Denklem 2'yi sağlayan zamanın bir fonksiyonudur. Denklem 2'nin çözümleri,

$$x=x_o\cos\omega t$$
$$x=x_o\sin\omega t \qquad (3)$$

dır. Bu kolayca gösterilebilir. x_o hareketin genliği, ω ise $(k/m)^{\frac{1}{2}}$ niceliğinin kısa gösterimidir.

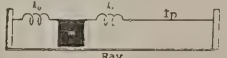
Hareketli herbir tam devri tamamladığında ωt niceliği 2π kadar büyür. Tam bir devir için geçen zamana periyod denir ve T ile gösterilir. T için,

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\left(\frac{m}{k}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (4)$$

eşitliği yazılabilir. Periyodun tersi frekans adını alır ve birim zamandaki titreşim (devir) sayısı diye tanımlanır. Frekans f ile gösterilir. Buna göre,

$$\omega=2\pi f=\frac{2\pi}{T} \qquad (5)$$

dır. ω niceliği Denklem 3'de, ωt niceliğinin zamana bağlı değişim hızını gösterir. ωt bir açı gibi rol aldığı için ω'ya çoğu kez açısal frekans denir. Çoğu kez de kaynaklarda ω frekans tanımı ile geçer.



Şekil 26.1

Şekil 26.1'deki sistem, tanımlanan özelliklere yaklaşıkla sahiptir. Yatay bir ray üzerindeki kızağın iki ucuna özdeş yaylar bağlıdır. Her yayın kuvvet sabiti k_o olsun, buna göre her bir yayı x kadar germek için $F=k_ox$ kuvveti gerekli demektir. Denge durumunda her iki yay da aynı miktarda gerilmiştir ve toplam kuvvet sıfırdır.

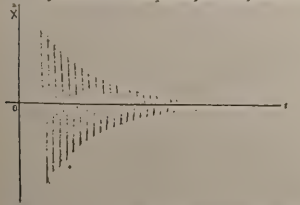
Kütle denge konumundan sağa doğru x kadar yer değiştirmişse, sol yayın kütleye uyguladığı kuvvet k_ox kadar artar, sağ yayın ki ise aynı miktarda azalır. Sonuç kütleye sola doğru $2k_ox$ büyüklüğünde bir kuvvetin etki etmesidir. Bu durumda yukarıdaki denklemde kullanılacak kuvvet sabiti $k=2k_o$'dır. Kütleye etki eden kuvvet korunumlu olduğu için sistemin toplam enerjisi sabittir. Kütle hareketin uç noktalarına ulaştığı zaman sistemin tüm enerjisi potansiyel enerjiye dönüşmüştür. Cisim denge noktasından geçerken enerji tümüyle kinetik enerjiye dönüşmüştür.

Deneyler göstermektedir ki titreşim hareketi yapan herhangi bir gerçek mekanik sistemin salınımları gittikçe söner ve sonunda denge noktasında durur. Kütlenin konumu zamanın basit bir sinüssel fonksiyonu olarak değil, genel biçimi Şekil 26.2'deki gibi bir eğri ile verilir. Yukarıda tartışılan basit modelle açıklanamayan

bu etki, k kuvvet sabiti ile temsil edilen esnek geri çağırma kuvvetinin yanında sönümlü kuvvetlerinde bulunmasından ileri gelir. Sönümün bilinen örnekleri Deney 25' de görülen vizkozluk ve magnetik sönümlerle tüm sürtünme çeşitleri hava direnci ve daha başka kuvvetler olabilir. Sönümün etsiki de modelimize eklenebilir ve Deney 25'in sonuçlarını izleyerek ister vizkozluk sürtünmesi ister magnetik sönümden ileri gelsin, sönüm kuvvetinin hızla orantılı olduğu ve,

$$F = -bv = -b\,\frac{dx}{dt} \qquad (6)$$

ile tanımlanabileceği kabul edilir. Burada titreşimlerin ölme hızı doğrudan b'nin büyüklüğüne bağlıdır. b sönüm katsayısı



Şekil 26.2

adını alır. Büyük bir b değeri hızlı bir sönümü, küçük bir b değeri ise yavaş bir sönümü verir. Denklem 6 ile verilen ek kuvvet Newton'un ikinci yasasını ifade eden denkleme eklenmelidir. Bu durumda sözkonusu denklem,

$$m\,\frac{d^2x}{dt^2} + b\,\frac{dx}{dt} + kx = 0 \qquad (7)$$

olur.

Sistemin özelliklerinin (k,m ve b sabitleri) sönümle ilgileri daha yakından araştırılabilir.

İki yaklaşım sözkonusu olabilir: bunlardan birincisi enerjiden hareketle yaklaşık bir çözüm, ikinci ise Denklem 7'nin genel çözümünün kullanılmasıdır. İkinci yaklaşım oldukça karışık olduğu için burada sadece birinci yaklaşım incelenecektir.

Şu sırayla işe başlanacaktır : Belirlenmiş bir tam devir

(cycle) için en büyük yer değiştirme (genlik) x_o ise, bu tam devirde sistem ne kadar enerji kaybeder? Enerji kaybının herhangi bir andaki hızı, sönüm kuvvetine karşı iş yapma hızıdır. Bu ise basitçe bv büyüklüğündeki kuvvet ile v hızının çarpımı olan bv^2'ye eşittir. Bu nicelik bir tam devir süresince değişir. Böyle olmakla beraber, bir tam devir süresince kaybedilen toplam enerji, bir tam devir süresince enerji kaybının ortalama hızı (bv^2'nin ortalama değeri) ile tam devir için geçen zaman, yarı periyod,

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\left(\frac{m}{k}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (8)$$

nin çarpımına eşittir.

v^2 nin ortalama değerini bulmak için harmonik osilatörün $\langle \frac{1}{2}mv^2\rangle_{or}$ ortalama kinetik enerjinin $\langle \frac{1}{2}kx^2\rangle_{or}$ ortalama potansiyel enerjisine eşit olduğunu hatırlayalım. Bu iki niceliğin her biri toplam enerjinin yarısına eşittir. Yani $\frac{1}{2}m\langle v^2\rangle_{or} = E/2$ olur. Bu nedenle ortalama enerji kaybetme hızı,

$$\left\langle \frac{dE}{dt}\right\rangle_{or} = -\langle bv^2\rangle_{or} = -\frac{b}{m}\,E \qquad (9)$$

ve bir tam devir süresince enerji kaybı,

$$\Delta E = -\left(\frac{b}{m}\,E\right)\left(\frac{2\pi}{\omega}\right) = -2\pi\frac{b}{(km)^{\frac{1}{2}}}\,E \qquad (10)$$

dir. dE/dt bir devir süresince sabit değildir. Fakat v en büyük değerini alınca dE/dt de en büyük değerini alacak, v sıfır olunca dE/dt de sıfır olacaktır. Bu değişimi değilde, ortalama enerji azalması düşünülürse, Denklem 9'un, E için bir diferansiyel denklem olduğunu ve çözümünün de enerjiyi zamanın bir fonksiyonu olarak vereceği görülür. Yerine konarak kolayca doğrulanacabileceği gibi Denklem 9'un çözümü :

$$E = E_o e^{-(b/m)t} \qquad (11)$$

dir. Burada E_o, t=0 anındaki başlangıç toplam enerjisidir. Görülüyorki, osilatörün enerjisi üstel olarak azalır. Enerjinin

ilk değerinin 1/e'e düşmesi için geçen zamanı durulma (relaksasyon) zamanı denir ve bu m/b ile verilir.

Şimdi çok kullanılan adına Q kalite faktörü (quality factor) denilen sistemin karakteristik bir sabitini tanımlayalım: Q, sistemde depolanan enerjinin 2π katının, bir tam devirde yitirilen enerjiye oranıdır. Denklem 10'dan Q'nun ifadesi,

$$Q=\frac{2\pi E}{\Delta E}=\frac{m\omega}{b}=\frac{(mk)^{\frac{1}{2}}}{b}=\omega \qquad (12)$$

olarak elde olunur. Sistemin enerjisinin zamanla nasıl azaldığını bulduktan sonra şimdi artık genliğin zamanla nasıl azaldığını araştırabiliriz. Çoğu zaman genliğin zamanla azaldığı gözle doğrudan da gözlenir. E'nin her zaman genliğin karesi ile orantılı olduğunu biliyoruz. Buna göre x_o'ın zamanla değişimi, E'nin zamana bağlı değişim fonksiyonunun karekökü ile verilmelidir. Yani,

$$(e^{-(b/m)t})^{\frac{1}{2}}=e^{-(b/2m)t}$$

şeklinde bir fonksiyonla verilmelidir. Özellikle genlik,

$$x_o=X_o e^{-(b/2m)t} \qquad (13)$$

ile verilmelidir. Burada X_o başlangıçtaki yani t=0 anındaki ilk genliktir. Titreşim genlikleri için durulma zamanının (genliğin ilk değerinin 1/e'e düşmesi için gerekli zamanın)

$$\tau=2m/b \qquad (14)$$

olduğunu görüyoruz. Genliğin ilk değerinin yarısına düşmesi için geçen zaman $T_{\frac{1}{2}}$'de yarı ömür olarak tanımlanır ve,

$$T_{\frac{1}{2}}=\tau \ln 2=\frac{2m}{b}\ln 2=\frac{1.386}{b} \qquad (15)$$

ile verilir. Denklem 14 ve 15'i Denklem 12 ile birleştirerek,

$$Q=\tfrac{1}{2}\omega\tau=\tfrac{1}{2}\left(\frac{2\pi}{T}\right)\left(\frac{T_{\frac{1}{2}}}{\ln 2}\right)=\frac{\pi}{\ln 2}\,\frac{T_{\frac{1}{2}}}{T} \qquad (16)$$

elde edilir. Görülüyorki Q faktörü hareketin doğrudan gözlenebilen karakteristik özelliklerinden elde edilebiliyor.

Şekil 26.3

Son olarak iki kütleli sistem problemini kısaca inceleyelim. En basit örnek Şekil 26.3'de gösterilmiştir. Eğer kütlelerden birinin yeri değiştirilip serbest bırakılırsa, oluşacak bileşke hareket sinüssel olmayacaktır. Buna karşın her kütlenin sinüssel olarak hareket ettiği durumlar olabilir. Bir olasılık da iki kütlenin hareketi, aralarındaki uzaklık sabit kalacak şekilde aynı tempoda sürmesidir. Dikkat edilirse, bu hareket süresince aradaki yayın, iki kütleden herbirine etki eden geri çağırıcı kuvvetlere bir katkıda bulunmaz. Bu durumda etkin kuvvet sabiti k_o dır. Hareketin frekansının,

$$\omega=\left(\frac{k_o}{m}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (17)$$

ile verilmesini bekleriz.

Mümkün olan ikinci bir durumda, iki kütlenin tam zıt yönlerde hareket etmeleridir. Bu durumda orta yayın orta noktası hareket etmez. Herbir kütlenin hareketi, bir yanında kuvvet sabiti k_o olan bir yay, öte yanında yarı yay uzunluğunda bir yay etkisi var gibidir. Uzunluğun yarısının alınması kuvvet sabitini iki kat arttırır (Niçin?). Öyle ki herbir kütle için etkin toplam kuvvet sabiti $3k_o$, buna karşılık gelen frekans da,

$$\omega=\left(\frac{3k_o}{m}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (18)$$

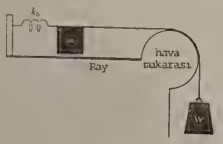
dir. Bu beklentiler deneysel olarak sınanabilir. Sönüm özellikleri de araştırılarak her hareket için sönüm veya bozunma zamanı

(decay time) ve kalite faktörü bulunabilir. Buradaki gibi kütlelerin aynı frekanslı sinüssel hareket yaptığı çiftlenimli osilatörlerden oluşmuş bir sistemin hareketine sistemin "normal kipi (modu)" denir. Her normal kipin karakteristik bir frekansı ve sistemin değişik elemanları arasında karakteristik bir frekans bağlantısı vardır.

KESİM I YAY SABİTİ

YAPILACAK İŞLER

Yukarıda anlatılan teorik öngörüleri sistemin gözlenen davranışı ile karşılaştırmak için kütleler ve yay sabitleri bilinmelidir. Yay sabitini ölçmek için salık verilen yol Şekil 26.4'de gösterilmiştir. Yayın bir ucu rayın sonundaki bağlama vidasına, öteki ucu ise bir vida ile kızağa tutturulmuş-



Şekil 26.4

tur. Bir parça magnetik teyp bandının bir ucunu bir yapışkan ile kızağa, diğer ucunu hava makarasından geçirerek bir kütleye bağlayınız. Hava makarasına yeterince hava geldiğinden ve band ile makara yüzeyi arasında sürtünmenin olmadığından emin olunuz. Kızak üzerindeki işaret çizgisinin denge konumun kaydediniz. Daha sonra 10 gramlık kütleler ekleyerek her toplam ağırlık için işaret çizgisinin yerini belirleyiniz. Toplam kütle 100g oluncaya kadar ölçü almayı sürdürünüz. Ölçü sonuçlarını rapor kağıdınızdaki Çizelge I'e geçiriniz. Yayı 20cm'den fazla germeyiniz, aksi

takdirde esnekliğini kaybeder, yük kaldırıldığında eski durumuna dönemez.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Yaydaki uzamanın uygulanan kuvvete bağlı olarak grafiğini çiziniz. Yaya uygulanan kuvvetin, şeridin ucundaki toplam mg ağırlığı olduğunu unutmayınız. Bu grafikten k_o sabitini bulunuz.

KESİM II BASİT HARMONİK HAREKET

YAPILACAK İŞLER

Basit harmonik hareketi gözlemek için kızaktan şeridi çıkarıp, kızağın bu yanına ilk yayın özdeşi ikinci bir yay takınız. Bu yayın ucuna bir parça ip bağlayınız. İpi her yayı 10cm gerecek kadar çekip rayın ucuna bağlayınız. Bu durumda kızağı denge konumundan 5cm kadar ayırıp serbest bırakınız. Kızak ve yaylar arasındaki enerji alış-verişine dikkat ederek hareketi gözleyiniz.

Hareketin 10 tam devir süresini ölçünüz. T periyodu ve f frekansını bulunuz. Her deneydeki genliği kaydederek daha küçük ve daha büyük titreşim genlikleri için ölçümleri tekrarlayınız. Rapor kağıdınızdaki Çizelge II'yi doldurunuz. Frekansta önemli herhangi bir değişme buluyor musunuz?

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Ölçülen frekans ve kuvvet sabitinden kızağın kütlesini hesaplayınız. Terazi ile ölçülen değerle karşılaştırınız. Periyodu Denklem 8'den hesaplayarak T'nin ölçülen değeri ile karşılaştırınız. Aradaki fark deney hatası sınırları içinde kalıyor mu? Kızağa kütleler ekleyerek kütlesini arttırabilirsiniz. Bu durumda da Denklem 8'de periyodu hesaplayarak T'nin ölçülen değeri ile karşılaştırınız.

KESİM III SÖNÜM

YAPILACAK İŞLER

Yukarıdaki deney düzeneği ile sönüm gözlenebilir. Kızağı denge konumundan 5cm kadar dikkatlice ayırıp ilk hızsız serbest bırakınız. Genlik ilk değerinin 1/2'sine düştüğü tam devir sayısını sayınız. Kızağa sönüm miknatıslarını ekleyerek deneyi tekraryayınız. Son olarak kızağa kütleler ekleyerek Q'nın kütle ile nasıl değiştiğini gözleyiniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Sistemin Q faktörünü ve τ durulma zamanını hesaplayınız, b sönüm katsayısını hesaplayınız.

KESİM IV ÇİFTLENMİŞ OSİLATÖRLER

YAPILACAK İŞLER

Çiftlenmiş osilatörleri incelemek için Şekil 26.3'deki düzeneği kurunuz. Ip yine herbir yayı 10cm gerecek kadar çekilmiş olmalıdır. Kütlelerden birini yerinde tutarak, ötekinin yerini değiştiriniz ve heriki kütleyi aynı anda serbest bırakınız. Hareket şimdi sinüssel mi görünüyor? Kütlelerin zıt yönde hareket ettiği bu kipe simetrik kip adı verilir. On tam titreşim için zamanı ölçerek periyodu ve frekansı hesaplayınız ve Denklem 16'in öngördüğü frekans ile karşılaştırınız. Şimdi de heriki kütleyi aynı yönde eşit miktarda hareket ettirip serbest bırakınız. Hareket sinüssel midir? Frekansı yeniden bulup, teorik olarak öngörülen sonuçlarla karşılaştırınız. Buna da antisimetrik kip denir.

KESİM V DEĞİŞİK TİPTE TİTREŞİCİLER

YAPILACAK İŞLER

Bu sistemin enteresan değişik bir şekli de ortadaki yay yerine kuvvet sabiti çok küçük bir yay koymaktır. Bu durumda simetrik ve antisimetrik kiplerin (modların) frekansları çok yaklaştıkça eşit olacaktır. (Niçin ?). Böyle bir bir sistem elde etmek için iki titreşiciyi kuvvet sabiti 25N/m olan bir yay ile bağlantılandırın. Böyle bir sistemde bir kütleyi yerinde tutup ötekine yerdeğiştirerek iki kütleyi serbest bırakınız. Ne oluyor? Bu hareket,sistemin normal kipleri cinsinden hasıl anlaşılabilir?

Genliğin ilk değerinin 1/e'sine düşmesi için gerekli titreşim sayısını ölçer. Q'yu hesaplayabilirsiniz. Bu niceliğin iki kip için farklı olabileceğine dikkat ediniz. İki Q değerini tek kütleli titreşicinin 2 değeri ile karşılaştırınız. Şimdi orta yay üzerine bir parça kordon şeklinde cam macunu yerleştirip Q'yu yeniden bulunuz. Ne bulursunuz? Bu sonuçlar neden bekleniyordu?

KAYNAKLAR

1. Vibrations and Waves
A.P. French
Thomas Nelson and Sons Ltd. 1971

2. Fundamentals of Physics
D. Halliday, R. Resnick
John Wiley and Sons, 1981

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

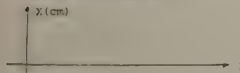
TFD-26 PERİYODLU HAREKET

KESİM I YAY SABİTİ

ÇİZELGE I. Uzamanın, Yayı Gerili Kuvvete Bağlılığı

F (g)	10	20	30	40
x(cm)				

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ



KESİM II Basit Harmonik Hareket

ÇİZELGE II. Basit Harmonik Harekette Titreşim Periyodunun Genliğe Bağlılığı

a(cm)	t(s)	n(sayı)	T(s)	$f(s^{-1})$
10				
5				
2				

KESİM III SÜNÜM

n(genlik $x_o/2$ oluncaya kadar sayılan tam devir sayısı) 6

Q ve τ'nun hesabı

m	Q

KESİM IV ÇİFTLENİMLİ OSİLATÖRLER

KESİM V DEĞİŞİK TİPTE TİTREŞİCİLER

SORULAR

1. Şekil 1'de gösterilen sistemin hareketi ile basit sarkacın hareketi arasında nasıl bir ilgi vardır?
2. Şekil 1'deki düzenekte tek yay yerine iki yay kullanılmasının tercih nedeni nedir?
3. Yay sabiti k_o olan bir yay iki eşit parçaya bölünürse herbir yarım yayın kuvvet sabiti ne olur?
4. Yay sabitleri k_o olan özdeş iki yay seri bağlanırsa elde edilen yayın kuvvet sabiti ne olur? Paralel bağlanırsa ne olur?
5. Sadece vizkozluk sönümü olan bir harmonik osilatörün kalite faktörü Q_v ve sadece magnetik sönüm olması durumunda Q_m ise, heriki sönüm varken Q_{top} değerinin

$$\frac{1}{Q_{top}} = \frac{1}{Q_v} + \frac{1}{Q_m}$$

ile verildiğini gösteriniz.

6. Frekans ifadesine giren m büyüklüğü, kızağın eylemsizlik kütlesi mi, yoksa çekim kütlesi midir? Bu nokta önemli midir?
7. Harmonik titreşicinin yukarıdaki çözümlenmesinde yayların kütleleri ihmal edilmiştir. Yay kütlesinin frekans üzerinde bir azaltıcı mı, yoksa çoğaltıcı mı etki yapar? Açıklayınız: Hatanın büyüklük basamağını kabaca kestiriniz. Yani bu %0.1 mi yoksa %100 müdür? Ya da nedir?
8. Çiftlenimli titreşim sistemi için, yay kütlesinin etkisi simetrik anti-simetrik kiplerine hangisi için daha önemlidir? Açıklayınız.

TFD-27 ZORLA TİTREŞİMLER

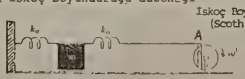
AMAÇLAR

1- Zorla titreşen bir sistemde, titreşim frekansı, genlik, güç ve uygulanan kuvvet arasındaki ilişkilerin öğrenilmesi,

2- Zorla titreşen bir sistemde Q kalite faktörü, rezonans frekansı, genlik ve normal kiplerin bulunması.

ARAÇLAR

Hava rayı düzeneği ve aksesuarları
Motorlu iskoç boyunduruğu düzeneği



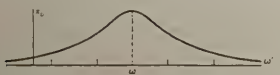
Şekil 27.1

GİRİŞ

Deney 26'da hareketli bir kütle, yay ve sönüm kuvvetlerinden oluşmuş bir sistem incelendi. Acaba böyle bir sistem sinüssel değişim gösteren bir kuvvetin etkisinde kalırsa nasıl davranacaktır?

Deneyde bu soruya cevap arayacağız. Bu basit sistem periyodlu olarak değişen kuvvetler etkisinde kalan değişik mekaniksel sistemler için bir model oluşturacaktır. Kuvvet, uygulanan bir titreşim sistemi, kuvvetin frekansında titreşir. Titreşimin genliği, kuvvetin genliğine ve frekansına bağlıdır. Ayrıca genlik, sistemin serbest titreşim frekansına da bağlıdır. Kuvvetin frekansı sistemin doğal titreşim frekansına (rezonans frekansı) yakın olduğu zaman, zorla titreşimin genliği çok büyük olabilir. Bu olay, rezonans diye biliniyor.

Kullanacağınız düzenek Deney 26'daki düzeneğin bir benzeridir. Aradaki başlıca fark, yaylardan birinin rayın ucu yerine hareketli bir sisteme bağlanmış olmasıdır. Bu sistem Şekil 27.1'de görüldüğü gibi bağlı olduğu ipin ucuna ayarlanabilir genlik ve frekansta sinüssel bir hareket sağlar. Bu hareket yayın boyunda sinüssel bir değişim oluşturur. Bu, kütleye sinüssel



Şekil 27.2

olarak değişen ek bir kuvvetin etki etmesi demektir. İpin A noktasının konumunun $r\cos\omega' t$ ile tanımlandığını varsayalım. Burada r, A noktasının hareketinin genliği, ω' ise açısal frekansıdır. Yay sabiti k_o ise, kütleye etki eden sinüssel ek kuvvet,

$$F=k_o x=k_o r\cos\omega' t \qquad (1)$$

dir. Burada ω' nın sistemin $\omega=(k/m)^{\frac{1}{2}}$ ile verilen doğal frekansına, yani sinüssel kuvvet yokken sistemin yapabileceği serbest titreşim frekansına eşit olması zorunlu değildir.

Sinüssel değişen kuvvetin kütleye etkisi, kuvvetle aynı frekansta sinüssel bir harekettir. Bunun nasıl olduğunu anlamak için Newton'un ikinci yasasının ifadesi olan bileşke kuvveti yazarken ikinci bir kuvvet teriminin de gözönüne alınması gerekir. Sürtünü bir an için önemsemezsek, hareket denklemi,

$$-kx+k_o r\cos\omega' t=m\frac{d^2x}{dt^2} \qquad (2)$$

ile verilir. Şimdi bu denklemin,

$$x=x_o\cos\omega' t \qquad (3)$$

gibi bir çözümü olup olmadığını araştıracağız. Burada ω', Denklem 1'deki frekans ve x_o belirlenebilen bir sabittir. Bu önerilen çözümü Denklem 2'ye koyup $\cos\omega' t$ ortak çarpımına böler ve x_o için çözersek,

$$x_o=\frac{\omega^2}{\omega^2-\omega'^2}\,r \qquad (4)$$

bulunur. ω daha önce olduğu gibi sistemin doğal frekansıdır ve $k=2k_o$'dır.

Titreşim hareketinin genliği Denklem 4 ile tanımlanmak şartı ile Denklem 3, Denklem 2'nin bir çözümüdür. ω' sürücü frekansı ω doğal titreşim frekansından küçük ise zorla titreşen cismin (ya da sistemin) konumu ile sürücü kuvvet aynı fazdadır. $\omega'>\omega$ olduğunda ise sürücü kuvvetle, konum arasında 180° faz farkı vardır. $\omega'=\omega$ olduğunda Denklem 4 genliğin sonsuza gittiğini haber verir. Bu sonuca, sönüm ihmal edildiği için varılıyor. Sönümü de içine alan daha ayrıntılı bir çözüm yapıldığında hareketin genliği x_o ın ω'ya bağlı değişimi Şekil 27.2'de görüldüğü gibi elde olunur. Buradan görüldüyorki $\omega=\omega'$ olduğunda genlik sonlu bir değer alıyor. Daha önce de belirtildiği gibi belirli bir frekansta, zorla titreşim genliğinin aşırı büyümesi, rezonans olarak biliniyor.

Sönümlü bir titreşim sistemi, zorla titreşim hareketi yaptığında, sönüm kuvveti sürekli olarak enerji kaybına neden olur. Sürücü kuvvet sistem üzerinde iş yaparak kaybedilen enerjiyi sisteme yeniden kazandırır. Titreşimin sürmesi için sönümden ileri gelen birim zamandaki ortalama enerji kaybının, sürücü kuvvetin ortalama iş yapma hızına eşit olması gerekir. Bu ilişki zorla titreşimin rezonans frekansındaki genliğinin hesaplanmasında kullanılabilir. Hesaplamaları ayrıntılı olarak tartışmayacak, ama titreşimin temel özelliklerini ana hatları ile belirleyeceğiz.

Birincisi, Deney 2b'da gösterildiği gibi enerji kaybının ortalama hızı (yani birim zamandaki enerji kaybı) E/Q ile orantılıdır. Toplam enerji E, genliğin karesi (x_o^2) ile orantılıdır. Böylece enerji kaybetme hızı x_o^2/Q ile orantılı olur. Sürücü kuvvetin birim zamanda yaptığı iş, hız ile orantılıdır. Hız da x_o ve kuvvet fonksiyonunun genliği ile orantılıdır. Kuvvet fonksiyonu da biliyoruz ki r ile orantılıdır. Sonuç olarak iş yapma hızı $x_o r$ ile orantılıdır. Bu durumda enerji harcama hızı, sürücü kuvvetin iş yapma hızına eşitlenirse,

$$\frac{x_o^2}{Q} = (\text{sabit}) x_o r$$

eşitliği elde olunur.

Q boyutsuz bir oran olduğundan, yukarıdaki eşitlikteki sabit de boyutsuzdur. Daha ayrıntılı bir hesaplama bu sabitin değerinin 1/2 olduğunu gösterir ve doğru bağıntı basitçe,

$$x_o = \tfrac{1}{2} Q.r \qquad (5)$$

şeklini alır.

Şunu belirtmek gerekir ki, Denklem 5, sadece rezonanstaki genliği verir. Çünkü ancak bu durumda sürücü kuvvet kütlenin hızı ile aynı fazdadır. Diğer frekanslarda bu ikisi aynı fazda değildir ve artık kuvvetin iş yapma hızı x_o ve r ile orantılı değildir.

İpin sinüssel hareketi "iskoç boyunduruğu" adı verilen bir araçla sağlanır. Bunun dayandığı ilke Şekil 27.3'de gösterilmiştir. Bir doğru-akım motorunun merkezden kaçak (eccentric) pimi düzgün bir açısal hızla bir DC motor tarafından döndürülür. Pim düşey kalan bir kanal içinde aşağı-yukarı hareket eder. Böylece şekilde gösterildiği gibi, kanalın yatay yerdeğiştirmesi,

$$x = r\cos\omega t$$

ile basitçe verilir. Burada r pimin dönme ekseninden olan uzaklığını, ω ise dönmenin açısal hızını göstermektedir. r değiştirilerek hareketin genliği değiştirilir.

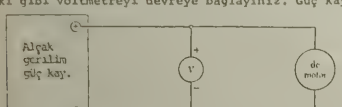
Hareketin frekansı motorun besleme gerilimi ile değiştiribilir. Bu iş için, frekansın yaklaşık olarak uygulanan gerilimle orantılı olduğu özel motorlar kullanılır. Bu basit bağlılığın nedeni kısaca kalıcı mıknatıs içinde dönen motorun rotorunda indüksiyonla "zıt elektromotor" kuvvetinin doğmasıdır. Zıt elektromotor kuvveti, motora uygulanan gerilime eşit oluncaya kadar devir sayısı artar (Bunu söylerken Ohmic direnç nedeniyle sarımlardaki gerilim düşmesi ihmal ediliyor). Zıt emk doğrudan motorun devir sayısı ile orantılı olduğuna göre, aynı zamanda devir sayısı uygulanan gerilimlede orantılıdır. Bu bağımlılık deneysel olarak sınanabilir ve deneysel olarak gerilimle devir sayısı arasında bir bağıntı bulunabilir. Böyle bir bağıntı elde edildikten sonra sürücü sisteminin frekansını bulmanın en kolay yolu : uygulanan gerilimi ölçmek ve sözkonusu bağıntıyı kullanarak frekansı hesaplamaktır.

KESİM I - MOTOR DEVRİNİN, BESLEME GERİLİMİNE BAĞLILIĞI

YAPILACAK İŞLER

Motor ve iskoç boyunduruğu düzeneği hava rayının oturduğu destek üzerine yerleşmiş iken, Şekil 27.4'de görüldüğü gibi motoru alçak gerilim güç kaynağına bağlayınız. Voltmetreyi, tam sapması 30V veya 50V gösterecek şekilde ayarlayınız. Eğer elektronik voltmetre kullanıyorsanız, voltmetrenin besleme gerilimi 220V ac olmalıdır. Elektronik voltmetrenin çalışması için anahtarını "on" konumuna getirip birkaç dakika bekleyiniz. Daha sonra iki test ucunu kısa devre yaparak göstergenin sıfır ayarını,

ilgili düğmeyi çevirerek yapınız ve bundan sonra da Şekil 27.4'deki gibi voltmetreyi devreye bağlayınız. Güç kaynağının çıkış



Şekil 27.4

gerilimini kontrol eden düğmeyi çevirerek, motorun mili dönünceye kadar gerilimi yükseltiniz. Belirli bir kritik gerilimin altında motor kararlı olarak dönmez ve bir müddet döndükten sonra durur. Motor durursa, dönmeyi sürdürünceye kadar gerilimi yükseltiniz.

Motorun kaldırabileceği en büyük gerilime yakın(fakat bunu geçmeyen) birkaç farklı gerilim değerinde; 10 tam devir yapma süresini belirleyiniz. Sonuçları rapor kağıdındaki Çizelge I'e geçiriniz. Daha az deneysel hata yapacağınızı düşünüyorsanız, bu ölçmeyi daha büyük devir sayıları için gerçekleştirebilirsiniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Hesaplanan açısal frekans değerleri ile ω=f(V) grafini çiziniz. Bu grafik deneyin daha sonraki bölümleri için ayar (calibration) eğriniz olacaktır. Bu grafik bir doğru mudur? Değilse düzgün bir doğrudan ayrılma miktarının bir ölçüsünü ortaya koyabilir misiniz? Çizilen doğru eksenlerin başlangıç noktasından geçiyor mu? Geçmiyorsa neden geçmiyor?

KESİM II REZONANS

YAPILACAK İŞLER

Harmonik titreşici ve sinüssel sürücü kuvvet düzeneğini Şekil 27.5'deki gibi kurunuz. İskoç boyunduruğunu öyle ayarlayınızki, sürücü yerdeğiştirmenin r genliği 1mm ile 2mm arasında olsun. Motorun dönme frekansını değiştirerek maksimum yerdeğiştirme durumunu elde ediniz ve rezonans dediğimiz bu durum için

Şekil 27.5

frekansı belirleyiniz. Bulduğunuz sonuçları rapor kağıdınızda Çizelge II'ye geçiriniz. Frekansın ω=f(V) eğrisinden bulunacağını daha önce görmüştük. Eğer elinizde motor milinin dönme frekansını doğrudan ölçecek bir aletiniz varsa, rezonans frekansını ölçmede ondan da yararlanabilirsiniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Sistemin doğal frekansı için bundan önceki deneyde bulduğunuz sonuçla, şimdi bulduğunuz sonucu karşılaştırınız. İki sonuç, deney hatalarının sınırları içinde uyuşmuyorsa, bunun nedenini açıklayacak bir öneriniz var mı? Q'yu hesaplayınız ve deney 26'da elde edilen sonuç ile karşılaştırınız.

KESİM III MAGNETİK SÖNÜM

YAPILACAK İŞLER

Kızağa sönüm mıknatısları yerleştiriniz ve rezonans frekansını Kesim I'dekine benzer şekilde belirleyiniz. Alacağınız ölçü sonuçlarını rapor kağıdınızda Çizelge III'e geçiriniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Bulduğunuz bu sonucu daha önceki sonucunuzla karşılaştırınız. Q'yu bulunuz ve bulduğunuz değeri Deney 26'da benzer durumda bulduğunuz değerle karşılaştırınız.

KESİM IV NORMAL KİPLER

YAPILACAK İŞLER

Deney 26'da Şekil 27.5'de gösterilen titreşim sistemin normal kiplerini inceledik. İki tane normal kip bulduk: simetrik kip için frekans,

$$\omega_s = (3k/m)^{1/2}$$

ve antisimetrik kip için frekans :

$$\omega_a = (k/m)^{1/2}$$

eşitlikleri ile veriliyordu. Motorun devir sayısını antisimetrik kipi uyaracak şekilde ayarlayınız. Bu kipin frekansını belirleyiniz. Aynı ayarlamayı simetrik kip için de yapınız ve frekansı belirleyiniz. Sonuçlarınızı Çizelge IV'e geçiriniz.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Deney 26'da serbest titreşimlerden elde edilen antisimetrik ve simetrik kiplerin frekanslarını bu deneyden bulduğunuz frekanslarla karşılaştırınız.

KESİM V EK SÖNÜM VE EK KÜTLE DURUMU

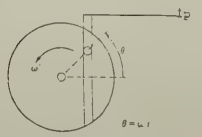
YAPILACAK İŞLER

Ortadaki yaya bir cam macunu şeridi tutturarak simetrik kipi söndürebilirsiniz. Bu durumda antisimetrik kip sönmez. Niçin? Bu şartlar altında iki normal kipin en büyük genliklerini bulunuz.

Şimdi de kızaklardan sadece birine küçük bir kütle ekleyiniz. İki normal kipi bulunuz. Normal kipli hareketlerde eşit kütleli olduğu durumdan ne gibi farklılıklar görülüyor.

KAYNAKLAR

1. Mekanik, Berkeley Fizik Programı Cilt I
A.Ü. Fen Fakültesi Yayınları (Tercüme) 1975
2. The Physics of Vibrations and Waves
H.J. Pain, John Wiley and Sons Ltd. 1983
3. Vibrations and Waves
A.P. French
Thomas Nelson and Sons Ltd. 1971.



Şekil 27.3

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı :
Tarih :

YTD-27 ZORLA TİTREŞİMLER

KESİM I MOTOR DEVRİNİN, BESLEME GERİLİMİNE BAĞLILIĞI

ÇİZELGE 1

Motor besleme gerilimi (V)	t(s)	T(s)	$f(s^{-1})$
V_1			
V_2			
V_3			
V_4			

t ≈10 tam devir için geçen zaman

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

ÇİZELGE II

(Ölçüler rezonans koşullarında alınacaktır)

x_o (cm)	V(V)	ω(rad/s)	$f(s^{-1})$	Q	Q (Deney 26)

KESİM III MAGNETİK SÖNÜM

ÇİZELGE III

(Ölçüler rezonans koşullarında alınacaktır)

x_o (cm)	V(V)	ω(rad/s)	$f(s^{-1})$	Q	Q Deney 26)

KESİM IV NORMAL KİPLER

ÇİZELGE IV

ANTİSİMETRİK KİP			SİMETRİK KİP		
V(V)	$f_a(s^{-1})$	$f_a(s^{-1})$ (Deney 26)	V(V)	$f_s(s^{-1})$	$f_s(s^{-1})$ (Deney 26)

KESİM V EK SÖNÜM VE KÜTLE DURUMU

(Tek kip için genlik)	(Çift kip için genlik)
a_1 = ? cm	a_2 = ? cm

Δm= ?

SORULAR

1. Motor frekansının, besleme gerilimine bağlı grafiği niçin bir doğru değildir?
2. Motor frekansının, besleme gerilimine bağlı grafiği niçin eksenlerin başlangıç noktasından geçmez?
3. Motor ilk harekete başlarken, kızak önce sinüssel olmayan düzensiz bir hareket yapar, daha sonra yavaş yavaş bu hareket sinüssel bir harekete dönüşür? Niçin?
4. Kızağın hızının zamanın bir sinüssel fonksiyonu olduğunu ve yerdeğiştirme ile arasında 90° (1/4 devir veya $\pi/2$ faz farkı) faz farkı olduğunu gösteriniz.
5. Hız ile sürücü kuvvet arasında $\pm\frac{\pi}{2}$ faz farkı varsa kuvvet tarafından sistem üzerinde yapılan ortalama işin sıfır olduğunu gösteriniz.
6. Rezonans şartlarında, kızağın kütlesi arttırıldığında zorla titreşimlerin en büyük genliği nasıl değişir?
7. Deney 26'nın sonuçlarına dayanarak ve sürücü genliğin aynı kaldığını kabul ederek çiftlenimli titreşiciler için en büyük genliğin, çift kip için mi, yoksa tek kip için mi gerçekleşeceğini beklersiniz? Açıklayınız.

TPD-28 AKUSTİK DÖNÜŞTÜRGENLER
(TRANSDUCERS)

AMAÇLAR

1- Dönüştürgenleri tanımak, özelliklerini ve kullandıkları yerleri öğrenmek,
2- Elektro-akustik (ses) dönüştürgenlerinin rezonans frekansının belirlenmesi,
3- Ultrases dalgalarında uzaklık değişimi ile genlik değişimlerinden dalga boyunu ve ses hızını ölçmek,
4- Kaynak ve dedektör elektro-akustik dönüştürgenleri arasındaki faz farklarının uzaklıkla değişiminden dalga boyu ve ses hızını ölçmek.

ARAÇLAR

Dalga üreteci (osilatör)
Elektro-ses dönüştürgeni (elektro-akustik transduceri) (2 adet)
Osiloskop
1m'lik cetvel
10kΩ'luk direnç
Bağlantı kabloları

GİRİŞ

Dönüştürgen (transducer), burada kullanıldığı anlamda, elektriksel bir işareti başka bir işarete çeviren veya bunun tersini yapan bir düzenektir. Dönüştürgenlerin bilinen örnekleri arasında mikrofonlar ve hoparlörler vardır. Bir mikrofon bir ses dalgasının basınç değişimleri ile orantılı çıkış uçları arasında potansiyel farkları oluşturur. Bir hoparlör, mikrofonun tersine değişken bir elektriksel işareti bir ses dalgasına çevirir. Bir pikap iğnesi, mekanik titreşimleri elektriksel atmalara çevirir.

Çeşitli tipte dönüştürgenler, elektronik uygulamaların çoğunda büyük önem taşırlar. Daha başka örnekler farklı sınıflarda gruplanabilir. Çeşitli tipte foto hücreler (photocells), fototransistörler, vacuum photo tüpleri, cadmium-sulfide hücreler ve benzerleri elektro-optik dönüştürgenler grubu içindedir. Bunlar ya üzerlerine düşen ışığa bağlı olarak elektriksel bir sinyal salar veya ışığı bir devredeki akımı kontrol etmek için kullanır. Termoelektrik çift ve termistör gibi sıcaklığa duygun düzenekler sıcaklık değişimlerini elektrik sinyallerine çevirirler. Bir maddenin gerilmesinde olduğu gibi mekaniksel şekil değişimleri, zorlama ölçeri (strain- Gauges) denilen düzeneklerle elektriksel işaretlere çevrilebilir.Geiger tüpleri, oranlı sayaçları ve farklı katıhal dedektörleri kendilerinden geçen bir yüklü parçacığı saldıkları bir elektriksel atma aracılığıyla belirleyen düzeneklerdir.

Bazı hallerde atmanın qenliği, doğrudan parçacığın enerjisine bağlıdır.

SES DÖNÜŞTÜRGENLERİ

Ses dönüştürgeni, ultrases dalgalarını üretmek için kullanılan bir araçtır. Ultrases dalgalarının frekansı insanın işitme aralığının üzerindedir. Örneğin, λ=1cm=0.01m dalga boylu bir ses dalgasının frekansı $f=v/\lambda$ bağıntısından bulunur. Burada v, sesin hızıdır, 20°C'de ve kuru havada v=344m/s'dir. Buna göre

λ=1cm için $f=\frac{344m}{0.01m}=34.4$ kHz

dir. Ultrases dönüştürgeninin standard bir şekli Şekil 28.1' de görülmektedir.

Şekil 28.1

Bu düzenek, belirli kritik bir sıcaklığın altında sürekli elektrik dipol momentine sahip bir madde olan barium titanat silindirinden yapılmıştır. Isıtılma işlemiyle beraber iç ve dış yüzeylerdeki iletken elektrotlara bir potansiyel farkı uygulanırsa barium titanete radyal bir polarizasyon kazanır. Daha sonra 120°C olan kutuplanma geçiş sıcaklığının altına kadar (elektrotlar arasındaki potansiyel farkı sabit tutularak) barium titanate silindir soğutulursa kutuplanma "donmuş" gibi kalır ve potansiyel farkı ortadan kaldırıldıktan sonra da sürer.

Dönüştürgenlerde barium titanat'ı bu kadar kullanışlı yapan dikkate değer özellik şudur : Polarize olmuş (kutuplanmış) silindire, polarizasyonu sağlamış bulunan potansiyel farkı ile aynı işaretli bir potansiyel farkı uygulanırsa, silindir kısalır. Tersine, eğer uygulanan potansiyel, kutuplanma potansiyeline zıt ise silindir uzar. Böylece silindirin iç ve dış yüzeyleri arasına alternatif gerilim uygulanırsa ucuna eklenen bir levha ile bu düzenek bir ses vericisi gibi kullanılabilir. Böylece düzenekler 100 kHz'den daha yüksek frekanslara kadar başarılı şekilde kullanılmaktadır.

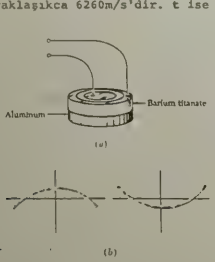
Çok basit ve ucuz ultrases levha dönüştürgenleri geliştirilmiştir ve bunlar genel olarak televizyon alıcılarının uzaktan komutası için kullanılmaktadır. Böyle bir düzenek Şekil 28.2'de gösteriliyor. Bu dönüştürgen dairesel alüminyum levha ile sınırlanmış bir barium titanat diskinden oluşur. Barium titanat üzerine buharlaştırma ile biri merkezde, öteki çevrede bir çift elektrot oluşturulur. Düzenek, elektrotlar arasında bir elektrik potansiyel farkı varken soğutularak, 120°C'de polarizasyon geçiş

sıcaklığının altına kadar soğutulur. Şimdi elektrotlar arasına bir potansiyel farkı uygulanırsa disk bükülecek ve bu bükülmenin yönü potansiyelin işaretine bağlı kalacaktır. Tersine, diski biz bükersek buna uygun bir potansiyel farkı oluşur.

Bu dönüştürgenin ilgi çekici bir başka özelliği, son derece keskin bir rezonans frekansının veya doğal titreşim frekansının olmasıdır. Bu, doğal titreşim frekansında titreşen düzenek Şekil 28.2'de gösterildiği gibi, diskin merkezinin bir içe bir dışa bükülmesi, çevresinin de bir kez bir yana sonra karşı yana gitmesini gerektirir. Bu hareketin frekansı yaklaşık olarak,

$$f=\frac{ut}{2a^2} \qquad (1)$$

ile verildiği gösterilebilir. Burada u, sesin alüminyum içindeki hızıdır ve yaklaşıkca 6260m/s'dir. t ise halkanın kalınlığı-



Şekil 28.2

dır ve 0.1cm'kadardır. a yarıçapı, 1cm kadardır. Sözkonusu titreşim frekansının yarıçapın karesi ile ters oranlı olduğuna dikkat ediniz.

SES DALGALARI

Bilindiği gibi bir gaz bir mekaniksel dalganın yayılması için bir ortam gibi davranır. Gazın bir yerinde bir sarsıntı ile dengenin bozulması, geçici basınç düşmesine ve yükselmesine yol açar ve ortamda buna uygun sıkışma ve seyrekleşme dalgaları oluşturur. Gazlarda dalga yayılmasının nasıl olduğu bir çok ders kitabında tartışıldığı için burada ayrıntılı olarak verilmeyecektir. Sıkışmaların ve gevşemelerin adiabatik olarak gerçekleştiği ideal bir gaz içindeki sesin yayılma hızı,

$$v=\left(\frac{\gamma RT}{M}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (2)$$

ile verilir. Burada γ öz ısıların oranı ($\gamma=C_p/C_u$), R gaz sabiti, T mutlak sıcaklık ve M gazın molekül kütlesidir.

Bu deneylerde frekansı yaklaşık 40kHz, dalga boyu 1cm kadar olan bir dalga kullanılır. Bu gibi dalgalar bir sinüs-dalga üreteci ve bir elektro-ses dönüştürgen (transducer) kullanarak kolayca elde edilebilir. Basit bir hoparlör böyle bir gereç olmakla beraber, bu frekans bölgesinde normal verimi sağlamak için aşağı-yukarı 2cm çaplı, özel olarak yapılmış küçük disk biçiminde bir dönüştürgen kullanılır.

Bir ultrasonik dalga dedektörü olarak ikinci bir dönüştürgen kullanılır. Oldukça kısa (örneğin 1m'den daha kısa) bir uzaklıkta osiloskoba doğrudan bağlı dedektörde bir sinyal oluşturacak kadar dalga genliği büyüktür.

Eğer kaynak ve dedektör transducer aralarında belirli bir L uzaklığı kalacak şekilde karşılıklı birbirlerine bakacak şekilde yerleştirilirse, herbiri aynı zamanda bir yansıtıcı olarak işler ve aralarındaki bölgede duran dalgalar (Deney 8) oluşturulabilir. Uzaklığın yarım dalga boyunun tam katlarına eşit olması yani dönüştürgenlerin düğüm noktalarına yakın bulunması halinde yani

$$L=n\,\frac{\lambda}{2}=\frac{nv}{2f} \qquad (3)$$

için duran dalga genliği maksimum olur. Şu halde uzaklığı değiştirip genliğin periyodlu olarak değişimini osiloskoptan (Deney 18 ve Deney 8) gözlemek suretiyle dalga boyu doğrudan ölçülebilir.

Osiloskobun önemli ve yararlı bir uygulama yeri aynı frekanslı sinüssel iki işaretin bağıl fazlarını ölçmektir. Bunun için osiloskobun düşey ve yatay girişlerine aynı genlikli ve frekanslı,fakat farklı fazlı gerilimler uygulandığında oluşan Lissajous eğrilerinden faydalanılır. Osiloskobun yatay ve düşey eksenlerindeki sapmalar,

$$x = A\cos\omega t$$
$$y = A\cos(\omega t + \phi)$$

denklemleri ile gösterilsin. Burada y, x'den bir ϕ açısı kadar ileri fazdadır. ϕ pozitif veya negatif olabilir. ϕ'nin değerine göre osiloskopta görülecek şekiller Şekil 28.3'deki gibidir. (Niçin?)

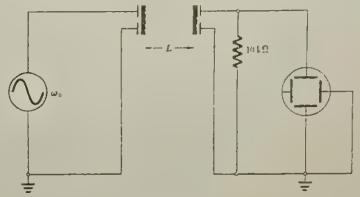
Şekil 28.3

Dalga boyunu ölçmenin başka bir yolu, kaynak transducer'i osiloskobun düşey saptırıcı girişine ve dedektörü yatay saptırıcı girişine bağlamaktır. Bu sırada yatay saptırıcılara testere dişli tarama gerilimi uygulanmaz. İki sinyal arasındaki faz farkı transducerler arasındaki uzaklıkla doğru orantılıdır. Dedektörü sinyallerin aynı fazda olduğu bir konumdan yine aynı fazda olduğu başka bir konuma götürünce tam bir dalga boyu kadar hareket ettirmiş oluruz. Neden?

KESİM I GENLİK DEĞİŞMESİ

YAPILACAK İŞLER

Dönüştürgenleri Şekil 28.4'de gösterildiği gibi bağlayın. 10kΩ'luk direncin görevi dedektörün rasgele kaptığı 50Hz'lik gürültüyü kesmektir. Yoksa gürültü gerilimi osiloskobun gi-



Şekil 28.4

rişine verilir. İki devre arasındaki elektromagnetik çiftlenimi önlemek için dönüştürgen bağlantılarında zırhlı (shielded) kablolar kullanmak zorunludur.

Dönüştürgenler 40kHz yakınlarında oldukça keskin rezonans tepeleri verirler. İki dönüştürgeni yüz yüze getirerek frekansı, 40kHz yakınlarında bir rezonans bulunçaya kadar değiştiriniz ve üreteci bu frekansta ayarlı bırakınız. Rezonanstan çıkmaması için düzeneği arada bir yoklamak gerekebilir.

Rezonans frekansını ayarladıktan sonra osiloskoptan (Deney 18) ve osilatör üzerinden frekansı ölçünüz. Şimdi algıç dönüştürgeni eksen boyunca hareket ettiriniz. Osiloskopta periyodlu olarak genlikte değişme göreceksiniz. Maksimum genlikler ve minimum genlikler hangi durumlardır? 1mm aralıkla uzaklığa bağlı olarak genlik değişimini ölçünüz. Sonuçları rapor kağıdınıza yazınız.

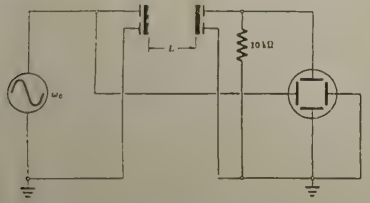
VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

x uzaklık değerine karşı ölçtüğünüz genlik değerlerini grafik kağıdına işaretleyiniz. Veri noktalarınızla en iyi uyumu sağlayan periyodik eğriyi çiziniz. Dönüm noktaları arasındaki uzaklık farkından dalga boyunu olabildiğince incelikle ölçünüz. Daha önce ölçülen frekans değerini de kullanarak dalganın hızını hesaplayınız ve Denklem 2'den bulunan ile karşılaştırınız.

KESİM II FAZ DEĞİŞMESİ

YAPILACAK İŞLER

Osiloskop bağlantılarını Şekil 28.5'de gösterildiği gibi değiştiriniz. Dedektör dönüştürgenini hafifçe eğerek yansımış dalganın geriye kaynağa dönmesini sağlayınız. Dedektörü eksen boyunca hareket ettirerek iki işaretin bağıl faz değişimini gözleyiniz.



Şekil 28.5

Algıcı eksen boyunca hareket ettirirken osiloskopta bağıl faz değerlerinin 0, nπ/2 (n=1,2,3,4) olduğu uzaklıkları ölçünüz ve sonuçları rapor kağıdına yazınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Bağıl fazların aynı olduğu konumlar arasındaki farkları alarak dalga boyunu bulunuz. Dalganın hızını hesaplayınız. Kesim I'deki sonuçlarla ve Denklem 2'den bulunan ile karşılaştırınız.

KAYNAKLAR

1. Berkeley Fizik Laboratuvarı II
   Alan M. Portis Hugh D. Young
   Hacettepe Üniversitesi Yayınları (Çeviri). 1971
2. Fundamentals of Physics
   D. Halliday, R. Resnick
   John Wiley and Sons Inc. 1981
3. Physics : Principles with Applications
   Douglas C. Giencoli
   Prentice-Hall International Inc. 1985

DENEY RAPORU

Bölümü :
No :
Adı Soyadı:
Tarih :

TFD-28 AKUSTİK DÖNÜŞTÜRGENLER (TRANSDUCERS)

KESİM I GENLİK DEĞİŞMESİ

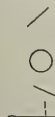
f=

Dönüştürgenler arası uzaklık X(mm)	Genlik A(birim)
0	
1	
2	
80	

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Grafik kağıdına x'lere karşılık A değerlerini işaretleyiniz. Veri noktalarına en iyi uyumu veren periyodik eğriyi çiziniz. Dönüm noktaları arasındaki uzaklık farkından dalga boyunu ölçünüz. Daha sonra dalga hızını hesaplayınız ve Denklem 2'den bulunan ile karşılaştırınız (λ,u).

KESİM II FAZ DEĞİŞMESİ

Bağıl faz ϕ (şekil ile)	Dönüştürgenler arası uzaklık X(mm)
	

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Bağıl fazların aynı olduğu konumlar arasındaki farkları hesaplayınız. Dalga boyunu ve dalga hızını bulunuz. Kesim I'deki sonuçlarla karşılaştırınız (λ,u).

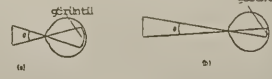
SORULAR

1. Devreler arasındaki elektromagnetik çiftlenim 40kHz'de mi, yoksa 50 Hz'de mi daha önemli sorunlar çıkarır?Niçin? Tellerin zırhlanması hangi frekansta daha önemlidir?
2. Bu düzenek bir termometre olarak nasıl kullanılabilir? Açıklayınız. 10 dalga boyunun 0.2mm (yani dalga boyu başına 0.02mm) incelikle ölçebildiğinizi varsayalım; frekans sabit kaldığına göre saptayabileceğiniz en küçük sıcaklık değişimi ne olur?
3. Borular orglar, borunun iki ucunda karın noktaları olan boyuna duran dalgalar oluşacak şekilde tasarlanır. Bu durumda borunun uzunluğu bir yarım dalga boyudur. Böyle borulu bir orgda sesin yüksekliği (frekansı) nasıl değişir? Yaşadığımız sıcaklıklarda notanın yarı-ton (frekansta yaklaşık olarak 5% değişme) artması için gerekli sıcaklık artması nedir?
4. Soru 3'de adı geçen borulu orgun yapıldığı metal yükselen sıcaklıkla genleşir ve dolayısıyla notayı değiştirir. Bu olay ses hızının değişmesinden daha mı önemlidir? Açıklayınız.
5. Ses dalgalarının yayılması sırasında gazda oluşan sıkışma ve gevşemeler hangi koşullar altında adiabatik değildir? Bu durumda ses hızı Denklem 1'den bulunandan ne kadar farklı olacaktır?
6. Ses hızının en büyük olduğu gaz hangisidir? Havadakinden kaç kat daha büyüktür?
7. Hava iki-atomlu başlıca iki gazın karışımıdır. Denklem 1' de hava için hangi γ ve M değerleri kullanılmalıdır?

EK BİLGİ

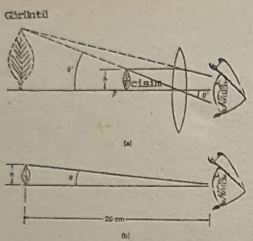
BÜYÜTEÇ

Bir cismi hangi büyüklükte ve ne kadar ayrıntılı görülebileceğimiz,cismin gözün retinası üzerinde oluşturduğu görüntüye bağlıdır. Başka bir değişle görüntü, cismin gözde oluşturduğu θ görüş açısına bağlıdır. Örneğin, gözden 10cm uzaklıkta bulunan metal bir parça, 60cm uzaklıkta bulunan eşit büyüklükte başka bir paranın iki kat büyüklüğünde görülür. Bunun nedeni, Şekil 10.3'de görüldüğü gibi, θ görüş azısının, cisim göze yaklaştıkça büyümesidir. Bir cismi ayrıntılı olarak incelemek istediğimizde, θ'yı büyütebilmek için gözümüze yaklaştırırız. Normal insan gözü için en yakın net görme uzaklığı yaklaşık olarak 25cm'dir.



Şekil 10.3

Büyüteç, cismi en yakın net görme uzaklığından daha yakın bir noktaya yerleştirme olanağı verir. Bu durumda θ görüş açısı büyüyeceğinden cisim daha büyük görünür. Şekil 10.4a'da görüldüğü gibi, bir cisim, merceğin ya odak noktasına ya da biraz daha yakına yerleştirilir. Eğer göz görüntüye uyum sağlarsa, cismin sanal bir görüntüsü yakınsak mercek tarafından gözden en az 25cm uzaklıkta oluşturulur. Eğer göz uyum durumunda değilse, başka bir değişle dinlenmede ise (yani göz merceği uzağı net görme durumunda ise), görüntü sonsuz uzaklıkta oluşacaktır. Bu durumda cisim tam olarak odak noktasında bulunacaktır. Bu ayarlamayı değişik uzaklıktaki cisimleri görmek için, gözlük merceklerini hareket ettirerek kendi kendimize günlük yaşamda yaparız.



Şekil 10-4

Şekil 10.4a ve Şekil 10.4b'deki durumları karşılaştırırsak, (a)'da bir cismin büyüteçle elde edilen görüntüsü ve oluşan θ' görüş açısı, (b)'de ise aynı cismin en yakın net görme uzaklığına yerleştirilmesiyle elde edilen θ görüş açısı görülmektedir. Bir merceğin "büyütme gücü" ya da "açısal büyütme" si,

$$M = \frac{\theta'}{\theta}$$

bağıntısı ile verilir. Bu bağıntı merceğin f odak uzaklığı cinsinden aşağıdaki gibi yazılabilir. Şekil 10.4a'daki görüntünün göze uzaklığının 25cm olduğunu varsayalım. Bu durumda görüntünün merceğe uzaklığı $s'=-25$cm ve cismin merceğe uzaklığı s,

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} + \frac{1}{25}$$

ya da

$$s = \frac{25f}{f+25}$$

bağıntısıyla verilir. Bu bağıntı Şekil 10.4a'da görüldüğü gibi, $s<f$ için geçerlidir. Küçük cisimler için küçük açı yaklaşımı kullanılabilir :

$$\tan\theta \approx \theta = \frac{h}{25} \quad ; \quad \tan\theta' \approx \theta' = \frac{h}{s} = \frac{(f+25)h}{25f}$$

olduğundan

$$M = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{(f+25)h}{25f}\left(\frac{25}{h}\right)$$

ya da

$$M = 1 + \frac{25}{f} \qquad \text{(göz 25cm uzaklığa uyum sağlamış durumda)}$$

elde edilir. Eğer göz dinlenmede iken büyüteç kullanılırsa, görüntü sonsuzda ve cisim tam odak noktasında bulunacaktır. Bu durumda $\theta' = h/f$'dir ve

$$M = \frac{\theta'}{\theta} = \left(\frac{h}{f}\right)\left(\frac{25}{h}\right) = \frac{25}{f}$$

olacaktır. Bu bağıntı yalnız göz sonsuza uyumlu iken geçerlidir. Açıkça görülüyorki, göz en yakın net görme uzaklığına uyumluyken elde edilen büyütme, sonsuza uyumluyken elde edilen büyütme biraz daha fazladır.

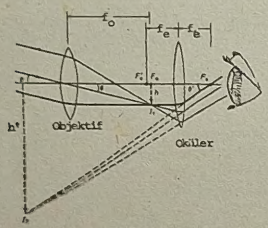
ÖRNEK

Normal göze sahip bir kişi tarafından kullanılan bir büyütecin odak uzaklığı 8cm'dir.

a) Büyütmenin en büyük değerini bulunuz.
b) Göz dinlenmede iken büyütecin büyütmesini bulunuz.

TELESKOBUN BÜYÜTMESİ

Telekop çok uzaktaki cisimleri büyütmek için kullanılır. Astronomide kullanılan teleskopların birçok türleri vardır. Yaygın olarak kullanılan kırıcı teleskop Şekil 10.5' de görülmektedir.

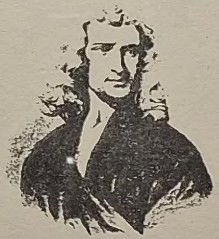


Bu teleskop uzun bir borunun iki ucuna yerleştirilmiş iki yakınsak mercekten oluşmuştur. Cisme yakın olan mercek ya da mercekler grubu "objektif" adını alır ve F_o odak noktasında cisme bir I_1 görüntüsünü oluşturur. Bu I_1 görüntüsü, cisimden daha küçüktür ve gerçektir. İkinci mercek "oküler" adını alır. I_1 görüntüsü okülerin odak uzaklığı içinde oluşturülur. Bu durumda oküler bir büyüteç görevi yapar. Oküler, önemli ölçüde büyütülmüş I_2 sanal görüntüsünü oluşturur. Eğer gözleyen göz dinlenmede ise, I_2 görüntüsü sonsuzda olacak biçimde oküler ayarla ır. Bu durumda I_1 görüntüsü, okülerin F'_e odak noktasındadır ve mercekler arasındaki uzaklık f_o+f_e'dir. Çıplak bir gözle gözlenen bir cismin oluşturduğu görüş açısı, teleskobun objektifindeki θ açısı kadardır. Şekil 10.5'den $\tan\theta \approx \theta = \frac{h}{f_o}$ olduğu görülür. Burada h, I_1 görüntüsünün boyudur. Dikkat edilirse, koyu çizilen ışık ışını eksene paraleldir ve bu nedenle de okülerin odak noktasından geçmektedir. Böylece $\theta \approx h/f_e$ yazılarak teleskobun toplam açısal büyütmesi için,

$$M = \frac{\theta'}{\theta} = -\frac{f_o}{f_e}$$

bulunur. Görüntünün ters olduğunu belirtmek için bağıntının önüne eksi işaret konmuşcur. Daha fazla büyütme elde etmek için, kullanılan okülerin odak uzaklığını olabildiğince kısa, objektifin odak uzaklığını da olabildiğince uzun seçmek gerekir.

Örnek olarak Kesim III'de yaptığınız teleskobun açısal büyütmesini bulunuz.



Isaac Newton

Real

y = 4.

(all I wanna do)

Beytepe, Ankara—1990